

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**SANDERLEY DE JESUS FERNANDES**

**UMA PROPOSTA PARA A INTRODUÇÃO AO ESTUDO ELETROSTÁTICA PARA ALUNOS  
DO ENSINO MÉDIO**

**Vitória**

**2018**

**Sanderley de Jesus Fernandes**

**UMA PROPOSTA PARA A INTRODUÇÃO AO ESTUDO ELETROSTÁTICA PARA  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti

Vitória

2018

## **PÁGINA DE APROVAÇÃO**

## **Dedicatória**

Dedico essa dissertação aos meus pais, Samuel Pereira Fernandes e Nubiana Batista de Jesus, que viveram para ver o primeiro membro da família a ter um curso superior, dando a este todo o apoio possível. Obrigado.

### **Agradecimento**

Aos amigos e colegas de Mestrado Alexandre Beneteli, Adriano Trabach, Leandro Barcellos, Giovane Rodes, Marcos Pedroso e Paulo Celso Martins, que colaboraram para minha sobrevivência e crescimento no curso, desde conversas, sinucas e trocas de experiências em tantos encontros. E que “The Traíras” viva para sempre!

Ao meu orientador de Iniciação Científica, Monografia e Mestrado, Prof. Dr. Giuseppi Gava Camiletti, pela paciência, pela orientação e por não desistir da nossa parceria, todas as vezes que eu desisti.

Ao colega Marcelo Bragatto, que auxiliou de maneira indispensável me ensinando a utilizar o R, para realizar as análises estatísticas deste trabalho.

**EPÍGRAFE**

“Não é o melhor do mundo. É o teu melhor na condição que você tem enquanto não tem condições melhores para fazer melhor ainda”

*Mário Sérgio Cortella*

## Resumo

Neste trabalho, apresentamos uma proposta de um plano complementar de atividades ao Livro-Texto sobre Eletrostática, sob a luz dos pressupostos teóricos e metodológicos da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, com a colaboração da Teoria da Motivação no contexto escolar, de José Aloyseo Bzuneck e do método de Ensino Ativo Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) de Eric Mazur. A pesquisa foi realizada com alunos da terceira série do ensino médio, em uma escola pública estadual do Espírito Santo, localizada no município de Vitória, entre os meses de fevereiro a maio de 2017. Os instrumentos de coleta de dados foram o Pré-Teste, o Pós-Teste, Questionário de Opinião dos Estudantes e as Anotações do Professor. O delineamento escolhido para o trabalho foi o do tipo experimental e a análise dos dados proveniente dos testes, teve enfoque quantitativo. Os dados provenientes do Questionário de Opinião dos Estudantes e das Anotações do Professor foram analisados qualitativamente. Os resultados dos testes estatísticos apontaram que o Plano Complementar elaborado contribuiu para a melhoria do rendimento no Pós-teste dos alunos do Grupo Experimental em relação do Grupo Controle. A análise do Questionário de Opinião dos Estudantes indica que atividades experimentais e recursos multimídias despertam o interesse dos alunos e que o método Instrução pelos Colegas também possui capacidade de engajar os estudantes.

**Palavras-chaves:** Eletrostática, Experimentos, Simulações Computacionais, Aprendizagem Significativa, Instrução pelos Colegas.

## **Abstract**

In this research, we present the proposal of a plan of activities complementary to the textbook on electrostatics, in the light of the theoretical and methodological assumptions of David Ausubel's Significant Learning, with the help of Theory of Motivation in the school context, by José Aloyseo Bzuneck and of the Method of Active Teaching Instruction by the Colleagues of Eric Mazur. The consultation was carried out with the students of the third grade of high school, in a state public school in Espírito Santo, located in the municipality of Vitória, between February and May 2017. The instruments of data collection were the Pre and Post Test, Student Opinion Questionnaire, and Teacher Notes. The delineation was chosen for the experimental work and the data analysis was quantitative focus related to the Pre and Post Test and the focus qualitative, related to the Student Opinion Questionnaire and the Professor's Notes. The results of the statistical tests indicated that the Complementary Plan elaborated contributions for the improvement of the performance in the Post-test of the students of the Experimental Group in relation to the Control Group. Student knowledge analysis indicates that experimental activities and multimedia resources can be awakened to student interest.

**Keyword:** Electrostatics, Experiments, Computational Simulations, Significant Learning, Instruction by Colleagues.



## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>Capítulo 1 – Introdução</b>                                     | 11 |
| 1.1 – Organização da Dissertação                                   | 14 |
| <b>Capítulo 2 – Referencial Teórico</b>                            | 15 |
| 2.1 – A Teoria da Aprendizagem Significativa                       | 15 |
| 2.2 – Condições para ocorrência da aprendizagem significativa      | 17 |
| 2.3 – Mapear conhecimentos prévios                                 | 18 |
| 2.4 – Usar de diferentes recursos                                  | 19 |
| 2.5 – Propor desafios  | 20 |
| 2.6 – Consolidação dos conhecimentos                               | 21 |
| 2.7 – Avaliar com caráter formativo e recursivo                    | 24 |
| 2.8 – Dar <i>feedback</i> adequado                                 | 24 |
| 2.9 – Trabalhos Relacionados                                       | 25 |
| <b>Capítulo 3 – Metodologia</b>                                    | 29 |
| 3.1 – Objetivos  | 29 |
| 3.2 – Delineamento do estudo                                       | 29 |
| 3.3 – Sujeitos e Contexto escolar                                  | 30 |
| 3.4 – Descrição do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto | 31 |
| 3.5 – Instrumentos de Coleta de Dados                              | 38 |
| 3.6 – Técnicas de Análise de Dados                                 | 40 |
| <b>Capítulo 4 – Apresentação, Discursão dos Dados e Resultados</b> | 42 |
| 4.1 – Questionário sobre concepções iniciais (Pré-teste)           | 42 |
| 4.2 – Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste)                     | 45 |
| 4.3 – Análise Estatística  | 47 |
| 4.4 – Questionário de Opinião                                      | 51 |
| 4.5 – Anotações, Comentários e Avaliações do Professor             | 57 |
| <b>Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações</b>                     | 64 |
| 5.1 – Conclusões   | 64 |
| 5.2 – Trabalhos Futuros  | 66 |
| 5.3 – Relato Pessoal   | 67 |
| <b>Capítulo 6 – Referências Bibliográficas</b>                     | 69 |
| <b>Apêndices</b>   | 73 |
| <b>Apêndice A – Questionário de Opinião</b>                        | 74 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....</b> | <b>75</b> |
| <b>Apêndice C: Produto da Dissertação.....</b>                       | <b>76</b> |

|

## Capítulo 1 – Introdução

Os resultados do Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo - PAEBES (2011; 2013; 2015; 2017) estão apresentados nas Tabela 1.1 e 1.2 abaixo. Uma rápida análise aponta para um desempenho questionável dos estudantes do Ensino Médio na disciplina de Física. Este Programa foi implantado pela Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo (SEDU) no ano 2008 com o objetivo de avaliar permanente e continuamente o sistema de ensino, visando diagnosticar o desempenho dos alunos em diferentes áreas do conhecimento e níveis de escolaridade, bem como subsidiar a implementação, reformulação e monitoramento de políticas educacionais, contribuindo, dessa forma, para a melhoria da qualidade da educação no Estado.

O PAEBES é aplicado anualmente a todos os estudantes de 9º Ano, no ensino fundamental e a todos os estudantes da 3ª série do ensino médio da rede estadual de educação. É optativo a participação de escolas da rede privada. Todos os anos, as disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática compõe a prova. As disciplinas de Ciências Humanas (História e Geografia) e as disciplinas de Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia) se alternam a cada ano na composição da prova. A disciplina de Física participou do PAEBES nos anos de 2011, 2013, 2015 e 2017.

A Tabela 1.1 apresenta o número de alunos participantes de cada edição do PAEBES e o percentual que esse número representa dentro do contexto estadual, regional e da escola onde a intervenção foi aplicada.

**Tabela 1.1:** Quantitativo de alunos participantes do PAEBES de Física

|             | Estadual      |            | Regional      |            | Local         |            |
|-------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
|             | Participantes | Percentual | Participantes | Percentual | Participantes | Percentual |
| <b>2011</b> | 20185         | 72,5%      | 4407          | 60,7%      | 264           | 71,9%      |
| <b>2013</b> | 19175         | 77,6%      | 4196          | 71,0%      | 265           | 85,5%      |
| <b>2015</b> | 21646         | 81,6%      | 4531          | 75,9%      | 257           | 79,3%      |
| <b>2017</b> | 22392         | 87,6%      | 5380          | 84,0%      | 255           | 73,7%      |

Na Tabela 1.2 abaixo, apresentamos um compilado do desempenho dos estudantes da rede estadual no âmbito estadual (Est.), Regional (Reg.) e Local (Esc.) em relação a disciplina de Física. Os resultados são apresentados através de uma escala de proficiência, revelando o desempenho dos estudantes do nível mais baixo ao mais alto.

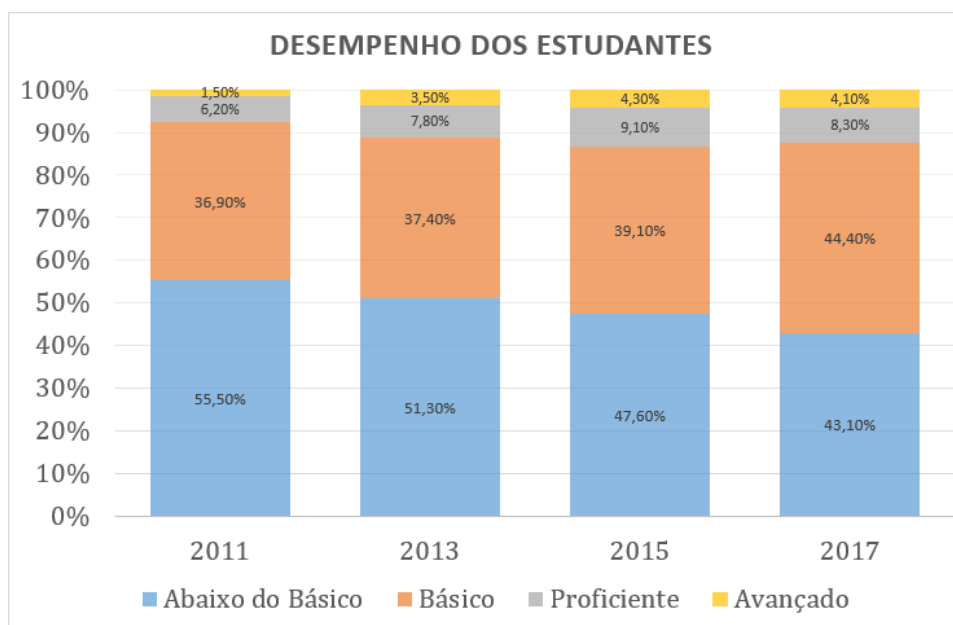
**Tabela 1.2:** Resultados dos alunos em Física no PAEBES

|             | Abaixo do Básico |       |       | Básico |       |       | Proficiente |       |       | Avançado |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------------|-------|-------|----------|-------|-------|
|             | Est.             | Reg.  | Esc.  | Est.   | Reg.  | Esc.  | Est.        | Reg.  | Esc.  | Est.     | Reg.  | Esc.  |
| <b>2011</b> | 55,5%            | 55,3% | 44,3% | 36,9%  | 35,9% | 37,9% | 06,2%       | 06,8% | 12,9% | 01,5%    | 01,9% | 04,9% |
| <b>2013</b> | 51,3%            | 49,3% | 51,7% | 37,4%  | 37,5% | 31,3% | 07,8%       | 09,1% | 13,6% | 03,5%    | 04,1% | 03,4% |
| <b>2015</b> | 47,6%            | 47,0% | 45,9% | 39,1%  | 37,7% | 36,6% | 09,1%       | 10,2% | 12,8% | 04,3%    | 05,1% | 04,7% |
| <b>2017</b> | 43,1%            | 45,3% | 45,5% | 44,4%  | 41,4% | 40,8% | 08,3%       | 08,5% | 08,6% | 04,1%    | 04,8% | 05,1% |

No âmbito estadual, podemos notar um grande percentual de estudantes abaixo do básico no último exame (43,1%), tendo parcela similar de alunos no nível básico (44,4%). Apenas 8,3% dos estudantes estão no nível proficiente e ínfimos 4,1% dos estudantes encontram-se no nível avançado.

Analisando a Tabela 1.2, vemos que está ocorrendo uma diminuição gradual dos alunos abaixo do básico em todos os âmbitos, porém, essa diminuição ainda é muito lenta. Além disso, é preocupante o fato de termos apenas 12,4% dos alunos acima do nível básico no contexto estadual, 13,3% no contexto regional e 13,7% no contexto local da escola onde o presente trabalho foi desenvolvido.

A Figura 1.1 abaixo, mostra o desempenho dos estudantes na disciplina de Física, em todos os anos que a disciplina compôs o PAEBES. Nessa figura fica visível a pequena parcela dos estudantes que estão no nível proficiente e avançado.



**Figura 1.1:** Desempenho dos estudantes na disciplina de Física no PAEBES em todos os anos que a disciplina participou da prova

Além do panorama apresentado acima, tenho minha experiência pessoal no ensino e aprendizagem de Física no Ensino Básico, principalmente na rede pública de educação.

Nos anos de 2007 a 2009, estudei em uma escola pertencente a Rede Estadual de Ensino do Espírito Santo e pude constatar em meus colegas a imensa dificuldade que os mesmos possuíam em aprender física.

Nos anos de 2010 a 2014, estive no curso de Física, modalidade Licenciatura, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), onde tive minhas primeiras experiências no outro lado da moeda, dessa vez como educador (embora ainda em formação).

Nos anos de 2012 e 2013, participei do Programa de Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e atuei em uma escola pela primeira vez na vida. Durante essa experiência, pude constatar novamente a defasagem no aprendizado apresentada pelos estudantes em relação a disciplina física. Além disso, nesse período de tempo comecei a perceber que o método de ensino tradicional, pautado exclusivamente em aulas expositivas no quadro, tendo como único sujeito ativo o professor, se mostrava ineficiente.

Em 2013 e 2014, ingressei em uma iniciação científica na área de ensino de física de nome “O Impacto do Perfil Motivacional do Professor no Comportamento do Estudante em Atividades de Divulgação Científica” sobre a orientação do mesmo orientador que orientou esse trabalho de Mestrado, onde tive o primeiro contato com teorias de motivação no âmbito escolar e também com teorias de ensino e aprendizagem. Em particular, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Em 2015, iniciei minha jornada como docente na Rede Estadual de Ensino, onde tive minhas expectativas frustradas ao perceber o pouco aprendizado atingido pelos meus alunos. Assim, insatisfeito com minha qualidade profissional, busquei o Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFES para me melhor qualificar e aprimorar minha metodologia de ensino.

Em 2016, ingressei no mestrado, me reencontrei com as teorias de ensino e aprendizagem. Escolhemos então a Aprendizagem Significativa como referencial teórico pois nessa teoria encontramos orientações práticas sobre como deve se dar o processo instrucional, como a organização sequencial, a consolidação de conhecimentos, possuir um material potencialmente significativo.

## 1.1 – Organização da Dissertação

Esta dissertação é apresentada em 6 capítulos e um Apêndice como descritos a seguir.

Este Capítulo introdutório tem o objetivo de situar o leitor no que se justifica a pesquisa, além de apresentar de maneira sucinta os tópicos que serão desenvolvidos ao longo do texto.

O Capítulo 2 apresenta o Referencial Teórico onde são discutidas as bases teóricas para o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 3 apresenta a Concepção do Estudo onde é descrita a metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4 descreve a Análise de Dados coletados a partir do pré e pós teste, do questionário de opiniões dos estudantes e das anotações do professor-mestrando. São apresentados também comentários sobre as informações extraídas desses dados.

O Capítulo 5 descreve as Conclusões deste estudo, apresentando sugestões para futuras investigações e um relato pessoal do Professor-Mestrando.

Em seguida, são apresentados as O Capítulo VI as Referências Bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao final são apresentados os Apêndices desta dissertação, onde um deles é o Plano Complementar de Atividades desenvolvido, como requisito parcial do Mestrado Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES.

## Capítulo 2 – Referencial Teórico

Este capítulo tem por finalidade dar uma visão geral da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e seus colaboradores, que é o principal embasamento teórico deste trabalho. A escolha deste referencial se deve ao fato da teoria de aprendizagem de Ausubel ser uma teoria com foco no contexto de sala de aula, mesmo foco do Mestrado Profissional em Ensino de Física, mestrado ao qual esta dissertação se destina. Iremos apresentar também, as sugestões práticas de José Aloyseo Bzuneck sobre como motivar os alunos (BZUNECK, 2010) para aprender.

### 2.1 – A Teoria da Aprendizagem Significativa

Segundo Moreira (2015), podemos classificar a aprendizagem em três tipos gerais: cognitiva, afetiva e psicomotora. Ainda nas palavras de Moreira (ibid.), estes tipos se caracterizam da seguinte forma:

A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. A aprendizagem afetiva resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. Algumas experiências afetivas sempre acompanham as experiências cognitivas. Portanto, a aprendizagem afetiva é concomitante com a cognitiva. A aprendizagem psicomotora envolve respostas musculares adquiridas por meio de treino e prática, mas alguma aprendizagem cognitiva é geralmente importante na aquisição de habilidades psicomotoras. (p. 159-160).

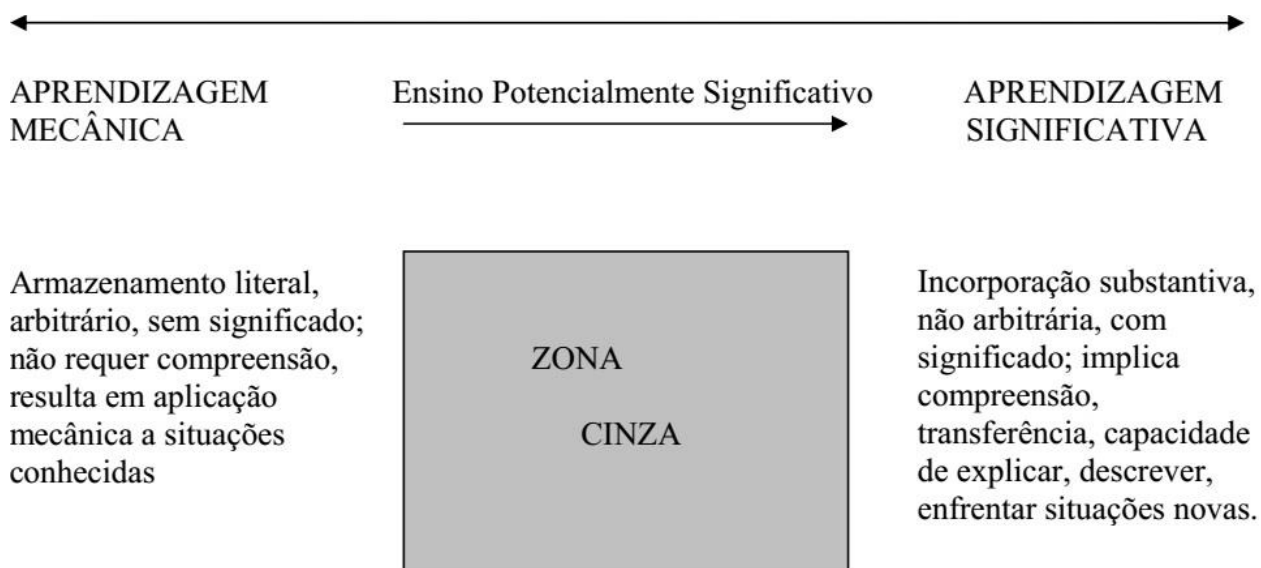
A teoria de aprendizagem de Ausubel se caracteriza como uma teoria de aprendizagem cognitiva. A definição do que é aprendizagem varia de acordo com cada autor. Ausubel entende aprendizagem como organização e integração do material na estrutura cognitiva (Moreira, 2015). Mas, o que é estrutura cognitiva? Estrutura cognitiva pode ser entendida como o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e sua organização; ou, conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular de conhecimentos. É o completo resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento (Moreira, 2015).

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação, com uma

estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor*<sup>1</sup>, ou simplesmente *subsunçor*, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 2012). A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em *conhecimentos prévios relevantes*, existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos (ibid).

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define *aprendizagem mecânica* (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, ou seja, não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos *subsunçores* específicos (Moreira, 2010; Moreira, 2015).

Entretanto, é necessário ressaltar que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo.



**Figura 2.1:** Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2010).

<sup>1</sup> A palavra “subsunçor” não existe em português; trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “subsumer”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador (MOREIRA, 2015).



Como se observa na Figura 2.1, a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural ou automática, ela passa por uma “zona cinza”. Na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária desse contínuo (a zona cinza) e que um ensino potencialmente significativo pode facilitar “a caminhada do aluno nessa zona cinza” (MOREIRA, 2010).

## 2.2 – Condições para ocorrência da aprendizagem significativa

Para que ocorra a aprendizagem significativa, é necessário que três condições sejam cumpridas (MOREIRA, 2010; MOREIRA, 2011; MOREIRA, 2012; MOREIRA, 2015):

(a) **levar em consideração o que o aluno já sabe.** Segundo Ausubel, se fosse possível isolar a variável que mais influência para a aprendizagem do aluno, essa variável seria o seu conhecimento prévio, afinal, o aluno aprende a partir daquilo que ele já sabe. Em outras palavras, a aprendizagem só se dará de maneira significativa se o novo conteúdo a ser aprendido tiver algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz para se “ancorar”.

(b) **o material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo**, ou seja, deve ser relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante para aquele conteúdo a ser aprendido (ou seja, com *subsunçores*) já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e não literal significa que não seja levado “ao pé-da-letra”; É importante ressaltar que não existe material significativo pois o significado é atribuído pelo educando. O material pode no máximo ser potencialmente significativo, ou seja, ter estrutura lógica, organização sequencial, linguagem adequada e exemplos acessíveis a sua realidade.

(c) **o aprendiz deve manifestar uma disposição para aprender significativamente**, ou seja, o aprender deve querer relacionar de maneira substantiva e não arbitrário o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva.

Caso uma das três condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa não seja cumprida, a aprendizagem ocorrerá de forma mecânica.

Pensando em garantir que as três condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa sejam satisfeitas, no contexto do trabalho do professor em sala de aula, propõe-se seis ações específicas, a serem descritas a seguir.

### 2.3 – Mapear conhecimentos prévios

A variável isolada mais importante para a ocorrência da aprendizagem significativa é levar em consideração o que o aluno já sabe (MOREIRA, 2010). Uma opção para levar em consideração esses conhecimentos prévios na elaboração das aulas é o Ensino Sob Medida (ARAUJO & MAZUR, 2013). Esse método é focado em criar condições para que o professor possa preparar suas aulas a partir das dificuldades apresentadas pelos alunos.

O Ensino sob Medida (EsM) possui 3 etapas distintas, todas centradas nos alunos:

#### 1. Tarefas de Leitura (TL) sobre conteúdos a serem discutidos em aula

Nessa etapa o professor solicita que os alunos leiam algum material de apoio (por exemplo, um capítulo do livro-texto) e logo após respondam algumas questões conceituais sobre os tópicos. Araújo e Mazur (2013) sugerem que essas questões sejam respondidas de maneira eletrônica, utilizando *e-mail* ou *moodle*, por exemplo, porém, as tradicionais respostas em folha separadas podem servir. Os alunos devem entregar as respostas das questões conceituais em tempo hábil para que o professor possa preparar sua aula a partir das respostas fornecidas e das principais dificuldades encontradas. É aconselhável ainda (ibid.) que a tarefa de leitura seja relacionável com atividades de potencial interesse dos alunos e/ou que façam parte do seu cotidiano. Essas tarefas de leitura devem ser avaliadas com o nível de envolvimento e esforço do aluno para executar a tarefa e não no seu grau de coerência científica.

#### 2. Discursões em sala de aula sobre as Tarefas de Leitura

Assim que se encerra o prazo de entrega das respostas a Tarefa de Leitura, o professor deve montar sua aula tendo como base essas respostas dos alunos. Dessa forma, o professor pode escolher atividades que auxiliem o entendimento dos alunos em tópicos que os mesmos não tiveram clareza e que possibilite superar as principais dificuldades surgidas.

Em sala de aula, o professor reapresenta as questões das Tarefas de Leitura e transcreve algumas das respostas dos alunos, tomando o cuidado de não identificar o autor e tão pouco o constranger. Essas respostas devem ser escolhidas pelo seu potencial de fomentar discussões. É aconselhável que o professor aproveite o momento de discursão para atacar concepções alternativas e mostrar porque elas não se sustentam.

### **3. Atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas Tarefas de Leitura e na discussão em aula**

Nessa terceira etapa, o professor deve utilizar o restante do tempo de aula para promover o engajamento dos alunos, tomando cuidado para que ocorra sempre uma mudança nas atividades que os alunos realizam, para evitar que essas fiquem monótonas. As exposições orais devem ser curtas (aproximadamente 10 minutos), intercaladas com atividades individuais e/ou colaborativas, renovando assim a atenção do aluno.

Após as aulas, o professor deve passar aos alunos novas questões relacionadas ao conteúdo trabalhado em sala de aula. Esses exercícios devem intrigar e desafiar os alunos. Nesse ponto, o professor pode avaliar o aluno a partir de sua capacidade de dar conta de novas situações surgidas a partir do conhecimento trabalhado em sala de aula.

#### **2.4 – Usar de diferentes recursos**

O professor deve usar diferentes recursos instrucionais (MOREIRA, 2011), que podem ser experimentos, vídeos, simulações, aplicativos, etc. O uso de diferentes recursos instrucionais faz parte do Ensino sob Medida, citado na sessão anterior. Outros autores, como Bzuneck (2010), também falam de diferentes recursos. Bzuneck utiliza o termo embelezamento. Segundo o autor (ibid.) Embelezamentos são estratégias de ensino que contribuem para se conseguir melhor envolvimento dos alunos nas atividades de aprendizagem (ibid.). Embelezamentos são indicados para provocar o interesse pelas atividades de aprendizagem e, adicionalmente, para quebrar a mesmice, para suavizar o caráter de obrigatoriedade das tarefas, para combater o tédio e para corrigir a aridez de certos conteúdos.

O uso de diferentes recursos deve ser utilizado em diferentes momentos da aula e com diferentes objetivos. Alguns desses objetivos que o professor deve ter em mente são:

- **Mostrar ao aluno o fenômeno a ser estudado**

Para mostrar ao aluno o fenômeno a ser estudado, o professor pode-se utilizar de atividades experimentais, simulações computacionais ou mesmo vídeos. Sempre que possível, é interessante deixar os alunos manipularem os experimentos ou as simulações computacionais. Essas atividades podem auxiliar os estudantes a desenvolverem habilidades e competências naturais do método científico, como observação criteriosa do fenômeno, formulação de hipóteses, montagem correta de aparato experimental,

adoção de procedimentos experimentais coerentes, realização de medidas adequadas, análise de dados, obtenção de resultados e apresentação dos dados.

- **Mostrar a utilidade e a aplicação do conteúdo a ser estudado**

Bzuneck (2010) explica que uma poderosa fonte de motivação consiste em o aluno ver significado, utilidade ou importância das atividades prescritas. Uma tarefa ou um conteúdo visto como não necessário têm o poder de despertar tédio ou indiferença ao invés de motivar o estudante. Portanto, é vital que as tarefas tenham significado para o aluno. E para mostrar o significado e relevância, o uso de diferentes recursos é de importância vital. Um exemplo que utilizamos nessa dissertação é o “O poder das pontas”. Os alunos tendem a se interessar mais na aula quando se explica o que ele deve fazer ao se deparar com uma tempestade de raios do que se o professor explicar apenas que corpos eletrizados tem maior facilidade em ter cargas elétricas entrando e saindo por suas pontas, devido a sua densidade superficial de cargas.

- **Auxiliar na explicação do conteúdo aos alunos**

Segundo Gaspar (2014), todo conteúdo de ciências humanas, exatas ou biológicas pode ser ensinado e aprendido por meio das mais variadas estratégias pedagógicas, desde que elas possibilitem o desencadeamento de interações sociais da quais participe o professor ou, eventualmente, outro parceiro mais capaz que domine cognitivamente o conteúdo que é o objeto de ensino dessa interação.

Nessa interação do estudante com um parceiro mais capaz, seja ele o professor ou outro estudante com maior domínio no conteúdo em questão, o uso de diferentes recursos instrucionais, como atividades experimentais ou simulações computacionais, permite o desenvolvimento das etapas do método científico nesses estudantes, ou seja, a visualização do fenômeno, a problematização, formulação de hipóteses e a experimentação.

## 2.5 – Propor desafios

Outro ponto que o professor deve considerar em suas aulas, caso queira motivar seus alunos são as características motivadoras inerentes as atividades propostas, ou seja, é necessário que as tarefas tenham um grau de desafio para os alunos, tanto nas tarefas realizadas em sala de aula como nas tarefas domiciliares.

Bzuneck (2010) aponta que o tédio e a apatia dos alunos não serão necessariamente prevenidos e superados apenas com a demonstração da relevância das aprendizagens.

Para a motivação dos alunos, as próprias tarefas devem ser estimulantes e, para tanto, precisam ter a característica de desafios. Entende-se por tarefas desafiadoras aquelas que tenham um grau intermediário de dificuldade, isto é, que não sejam nem fáceis e nem difíceis demais.

Existem várias formas que esses desafios podem se dar, desde resolução de questões, construção de experimentos ou dinâmicas em sala de aula. Embora não seja o objetivo, o método de Instrução pelos Colegas (Araújo & Mazur, 2013) também se mostrou como uma tarefa estimulante que conseguiu vencer o tédio e a apatia dos alunos, e em alguns momentos se caracterizando como um desafio de convencer uns aos outros de suas respectivas convicções.

O professor deve procurar sempre que possível utilizar de metodologias que possam vencer a mesmice da sala de aula, desafiando os alunos, utilizando recursos instrucionais diversos, entre outras formas de motivar seus alunos.

## 2.6 – Consolidação dos conhecimentos

Uma etapa fundamental no processo de ensino e aprendizagem, é a consolidação dos conteúdos. Ausubel (MOREIRA, 2011; MOREIRA, 2015) aponta que a consolidação deve sempre ser levada em consideração na organização do ensino. Ausubel (MOREIRA, 2015) argumenta que insistir na consolidação do que está sendo estudado, assegura contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada pois o conteúdo que está se consolidando, se torna um *subsunçor* onde novos conhecimentos vão se ancorar, ou seja, vão se assimilar. Como, para Ausubel, o conhecimento prévio é a variável isolada mais importante para o aprendizado de novos conhecimentos, o processo de consolidação é, portanto, uma consequência natural desta condição. Este processo visa garantir que os conhecimentos ensinados se tornem *subsunçores* adequados para ancorar novos conhecimentos a serem ensinados.

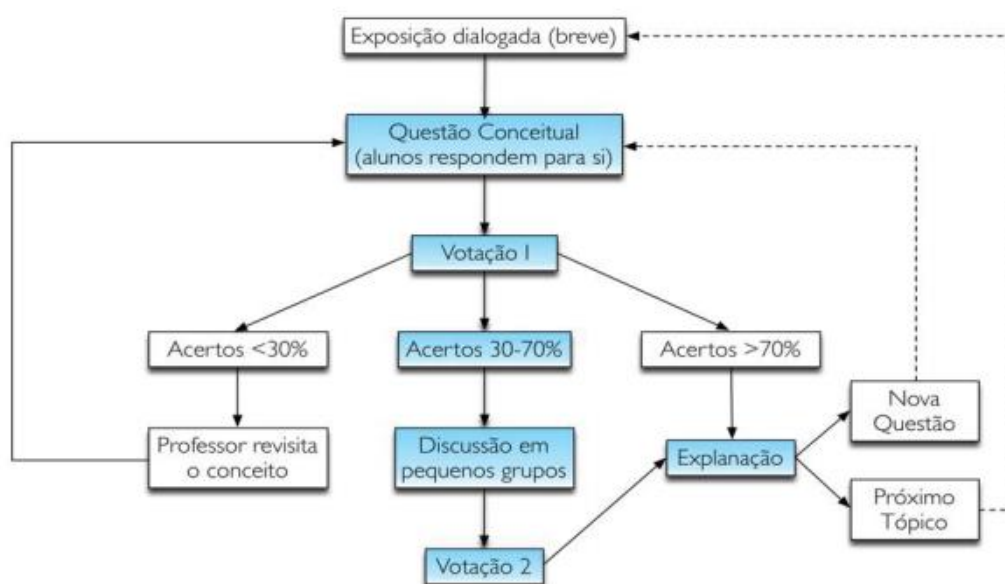
A consolidação, do ponto de vista da Aprendizagem Significativa, não é um processo imediato. Além disso, ela pode ser realizada de diversas formas, tais como na resolução de exercícios, resoluções de situações-problema, clarificações, discriminações, diferenciações, integrações, entre outras. Entre as diversas formas de consolidação existentes, utilizamos explicitamente o método de Instrução pelos Colegas (Araújo & Mazur, 2013) como uma alternativa para realizar essa consolidação, pois este método

possui orientações claras e úteis, que guiam o caminho do professor e têm se mostrado muito eficiente para este propósito.

A primeira apresentação, podemos dizer que este método se propõe a promover os alunos a um papel mais ativo na aprendizagem, tendo como foco os questionamentos e diálogos em pequenos grupos na sala de aula, pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor (ARAUJO & MAZUR, 2013).

A Instrução pelo Colega é um método de ensino baseado no estudo prévio de materiais instrucionais e na apresentação de questões conceituais (diretamente relacionadas com os materiais) para os alunos discutirem entre si. Seu objetivo principal é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais, através da interação entre os estudantes (ibid.). Nesse método, o tempo em sala de aula perde o caráter tradicional de ser apenas uma exposição oral do professor acerca de determinado conteúdo e passa a ser dividido entre exposição oral e apresentação de questões conceituais e objetivas para os estudantes responderem de duas formas: no primeiro momento, de maneira individual e no segundo momento, em pequenos grupos após discursão com os colegas.

A Figura 2.2 a seguir mostra uma proposta de utilização dos testes conceituais dentro da perspectiva da Instrução pelo Colega:



**Figura 2.2:** Diagrama do processo de implementação do método de Instrução pelo Colega (ARAUJO & MAZUR, 2013).

O método sugere que inicialmente seja realizada uma exposição dialogada breve (entre 15 a 20 minutos, aproximadamente), seguida da apresentação de uma questão conceitual, usualmente de múltipla escolha, relacionada com a exposição realizada pelo professor, para que os alunos respondam de maneira individual. Nessa etapa sugere-se que os alunos tenham um tempo aproximado de 2 minutos para reflexão e decisão da alternativa que acreditam ser a correta.

Após decorrido o tempo para decisão da alternativa correta, solicita-se que os alunos votem ao mesmo tempo na sua alternativa. Essa votação pode se dar por *flashcards* (cartões de respostas), *clickers*, aplicativos de *smarthphone*, *tablets*, *notebooks* ou mesmo os dedos da mão (pouco aconselhado, mas em casos extremos pode funcionar).

Independentemente do método de votação utilizado, o passo seguinte é uma tomada de decisão por parte do professor:

1. Caso o número de alunos que acertaram seja inferior a 30% dos votantes, é sugerido ao professor que revise com os alunos o conceito envolvido na questão conceitual e após nova explanação oral, apresente outra questão conceitual reiniciando o ciclo;
2. Caso o número de alunos que acertaram seja superior a 70% dos votantes, é sugerido ao professor que explique sobre a questão e apresente uma nova questão conceitual. Caso após a nova questão conceitual, o número de acertos permaneça acima dos 70%, o professor deve prosseguir para o próximo tópico.
3. Caso o número de alunos que acertaram seja superior a 30% e inferior a 70% dos votantes, é sugerido ao professor que agrupe os alunos em pequenos grupos (de 2 a 5 alunos por grupo), preferencialmente que tenham escolhidos respostas distintas, pedindo que eles tentem convencer uns aos outros usando as justificativas pensadas ao responderem individualmente. Após passado 3 a 5 minutos (dependendo da discussão), o professor abre novamente o processo de votação e explica a questão. Se julgar necessário, o professor pode apresentar novas questões sobre o mesmo tópico, ou passar diretamente para a exposição do próximo tópico, reiniciando o processo.

A parte em azul da Figura 2.2, que compreende o caso do número de acertos entre 30% a 70% é a essência do método Instrução pelo Colega, onde ocorre a negociação de significados entre os estudantes.

### 2.7 – Avaliar com caráter formativo e recursivo

Uma das maiores dificuldades enfrentadas por professores que tentam utilizar a Aprendizagem Significativa para pautar suas aulas, é a avaliação. Não adianta ensinar utilizando os pressupostos da Aprendizagem Significativa e continuar avaliando de maneira que valorize a Aprendizagem Mecânica. A avaliação da Aprendizagem Significativa implica em avaliar a compreensão, a captação de significados, a capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras e não apenas em “provas” onde o aluno é avaliado em “certo ou errado” (MOREIRA, 2012).

A avaliação da Aprendizagem Significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. A avaliação não pode ser um instrumento de punição pelo erro. Para que a avaliação seja de fato formativa, primeiramente, o professor precisa ter em mente o objetivo de uma avaliação, que é, segundo Luckesi (2004), subsidiar a construção dos melhores resultados possíveis dentro de uma determinada situação. A avaliação é um feedback para o professor e para o aluno sobre pontos que precisam ser melhor aprendidos pelo educando. Este é o caráter formativo da avaliação. E também é importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, pelo menos mais uma vez, se for o caso, as tarefas de aprendizagem (MOREIRA, 2012).

### 2.8 – Dar *feedback* adequado

A medida que os alunos forem executando as tarefas prescritas e, mais ainda, quando as concluírem, cabe sobretudo ao professor lhes fornecer *feedback*, que é uma informação da adequação e qualidade dos trabalhos (BZUNECK, 2010) desenvolvidos. O feedback que o aluno recebe sobre as tarefas e a própria interação em sala de aula, afeta tanto o processo de aprendizagem como a própria motivação (ibid.). O autor classifica o *feedback* em dois tipos: positivo e negativo.

O *feedback* positivo é a reação informativa ao aprendiz que diz que a tarefa está sendo ou foi bem cumprida, que o aluno está no caminho certo, ou que o objetivo foi atingido. Ele pode ser dado quando um aluno atinge os objetivos de aprendizagem traçados pelo professor como uma indicação que o aluno está no caminho correto. Caso o professor deseje, ele pode utilizar de elogios como um *feedback* positivo amplificado, desde que ele



tome o cuidado de elogiar o esforço ou comportamento do aluno, porém, não deve-se elogiar a capacidade ou inteligência do aluno.

Já o *feedback* negativo tem uma característica de correção do erro, sendo também chamado de *feedback* corretivo (ibid.). Neste caso, o professor deve sinalizar que o aluno errou e ao mesmo tempo deve apontar os erros, esclarecer os equívocos, para que o aluno não incorpore esses erros como verdades. Porém, deve-se tomar cuidado pois muitos alunos irão se frustrar ao saberem do seu erro e ficarem desestimulados a ponto de desistirem de aprender. Portanto, ao dar o *feedback* negativo, o professor deve tomar cuidado de não atribuir o erro a falta de capacidade do aluno ou até mesmo a falta de esforço. O professor deve ampliar a busca das causas dos erros e ao dar o *feedback* corretivo, este deve vir acrescido de acréscimos de informações, correção de conhecimentos equivocados e até novas estratégias de estudo.

## 2.9 – Trabalhos Relacionados

No Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGenFis) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) já foram realizados outros trabalhos com a proposta semelhante a este, de elaborar e avaliar um Material Instrucional (MI) ou Sequência Didática (SD) em sala de aula. Estes trabalhos também serviram de referência e aperfeiçoamento para o desenvolvimento da presente dissertação.

Até o momento, apenas um trabalho do PPGEnFis havia abordado o tema de Eletrostática. Este trabalho foi desenvolvido por Rovilson de Oliveira Mota (2016) de título “O Ensino de Eletrostática em uma Perspectiva Investigativa: Analisando o Processo de Construção de Conhecimento Científico de Estudantes da 3ª Série do Ensino Médio do IFES Campus Linhares”. Esse trabalho, embora aborde o mesmo assunto da Física, possui uma fundamentação teórica pautada no Ensino por Investigação, que não é o referencial teórico que será adotado na presente dissertação. O autor (.ibid.) utilizou atividades experimentais de baixo custo e algumas simulações computacionais. Esses recursos colaboraram para o planejamento do produto da presente dissertação.

Utilizando a perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa, existem diversos trabalhos publicados no âmbito do PPGEnFis. Olhamos, em particular, para três desses trabalhos: O primeiro trabalho foi elaborado por Rogério Oliveira Silva (2015), sob o título “A utilização de um Material Instrucional baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para aprendizes-marinheiros: uma introdução ao estudo do movimento dos

corpos”. O segundo trabalho, elaborado por Rafael Oliari Muniz (2016), sob o título “Elaboração e Avaliação de um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa: Estudo de Transformações de Energia com o Uso de uma Maquete”. O terceiro trabalho, elaborado por Vanessa de Oliveira Pereira (2016), sob o título “Elaboração e Avaliação de um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para o Ensino das Leis de Newton e de Tópicos de Cinemática no Ensino Médio”.

Silva (2015) elaborou um Material Instrucional abordando conceitos sobre movimento dos corpos, baseando-se nos pressupostos da Aprendizagem Significativa e aplicou na Escola de Aprendizes-Marinheiros do Espírito Santo (EAMES), uma instituição militar que está localizada no município de Vila Velha, região metropolitana de Vitória, capital do estado.

O Material Instrucional feita pelo autor (.ibid.) seguiu a proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011), e também seguiu as recomendações de Bzuneck (2010) para promover a motivação dos alunos. Foram utilizados durante as aulas experimentos, simulação computacional e vídeos. A sequência que delineou os instrumentos de análise de dados foi a experimental do tipo 4, segundo a classificação de Campbell e Stanley (1963, 1991, apud, MOREIRA, 2009), a mesma utilizada neste trabalho. Ou seja, também foram utilizados um grupo experimental e um grupo controle.

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram: o Pré e Pós-teste, Mapas Conceituais, perguntas presentes ao longo do Material Instrucional, “Estado de Humor” dos alunos, Diário de Bordo realizado pelo professor/mestrando, Questionário de Opinião e Entrevista com os alunos.

Silva (2015) encontrou a partir de uma análise qualitativa dos mapas conceituais que houve uma melhora na representação dos conceitos centrais para a compreensão do fenômeno do movimento. As perguntas contidas no Material Instrucional de Silva (2015) possibilitaram momento de discussões, onde se promoveu a Negociação de Significados. Os resultados obtidos pelo questionário de opinião e pela entrevista aos alunos indicaram que o uso de Atividades Experimentais, de vídeos e de Simulações Computacionais apresentaram contribuições efetivas para despertar o interesse dos alunos. Os resultados do pré-teste indicaram que o grupo experimental apresentou um

rendimento menor que o rendimento do grupo controle, porém, os resultados do pós-teste indicaram uma melhora no rendimento dos alunos do Grupo Experimental se comparados aos alunos do Grupo Controle, sendo comprovada uma diferença estatisticamente significativa entre as médias dos dois grupos.

O trabalho de Muniz (2016), apresenta um Material Instrucional sobre as transformações de energia. Este trabalho foi aplicado a turmas de primeira série do ensino médio da rede pública de educação do estado do Espírito Santo em uma escola localizada no município de Vitória. Este trabalho possui diversos pontos em comum com o trabalho de Silva (2015), como o mesmo delineamento experimental e o mesmo referencial teórico. Porém, Muniz (2016) apresenta como novidade o uso do método Instrução pelos Colegas (Araújo e Mazur, 2013) como ferramentas para promover a Negociação de Significados. Este método também foi implementado na presente dissertação.

Muniz (2016) obteve tanto no grupo experimental quanto no grupo controle, uma evolução no desempenho dos alunos ao comparar o pré e o pós teste, porém, a evolução do grupo experimental foi mais expressiva.

Muniz (2016) realizou para análise quantitativa o teste de Wilcoxon. Também foi realizado uma análise qualitativa das respostas dos alunos aos testes e esta análise apresentou indícios que os instrumentos propostos pelo material, baseados na Teoria da Aprendizagem Significativa, corroborada pela Teoria da Motivação (BZUNECK, 2010), contribuíram para a motivação dos alunos e para a promoção da Aprendizagem Significativa.

O trabalho de Pereira (2016), também utilizou o trabalho de Silva (2015) para se embasar e, portanto, apresenta diversos pontos em comum, como o mesmo embasamento teórico e muitos instrumentos de coleta de dados. Este trabalho foi aplicado a turmas de primeira série do ensino médio da rede pública de educação do estado do Espírito Santo em uma escola localizada no município de Serra.

Pereira (2016) utilizou como instrumentos de coleta de dados Mapas Conceituais, Pré-teste e Pós-Teste e o Registro das Anotações Pessoais.

Os resultados dos testes estatísticos apontaram que o Material Instrucional elaborado contribuiu para a melhoria do rendimento no Pós-teste dos alunos do Grupo Experimental em relação ao Grupo Controle. A análise dos Mapas Conceituais, de acordo

com a metodologia adotada pela professora, constatou uma evolução em todos os critérios quantitativos, e também no critério qualitativo “Qualidade do Mapa”. Os resultados apresentados por Pereira (2016) também indicam que o Material Instrucional colaborou para uma promoção da Aprendizagem Significativa dos conceitos físicos para os alunos.

Um diferencial importante a citar, é que no trabalho de Pereira (2016), não foi utilizado grupo experimental e grupo controle. Embora todos os trabalhos citados nesse capítulo utilizem Diário de Bordo, a maneira de descrever o Diário de Bordo utilizado na presente dissertação se baseou no trabalho de Pereira (2016).

Como resumo das ideias aproveitadas dessa revisão segue abaixo:

- De Mota (2016), utilizei a proposta do acervo digital de simulações computacionais e uma das atividades experimentais utilizadas pelo mesmo.
- De Silva (2015), utilizei o delineamento do estudo e a técnica de Análise de Dados;
- De Muniz (2016), me inspirei nas atividades do método de ensino ativo Instrução pelos Colegas para o desenvolvimento das atividades da presente Dissertação;
- De Pereira (2016), utilizei o método de análise do Diário de Bordo/Anotações pessoais para fazer a análise das minhas próprias anotações.

Além dos trabalhos citados, nessa dissertação resolvemos elaborar um material instrucional que aproveite o livro-texto do professor, dando orientações complementares ao mesmo, para que o professor possa potencializar uma Aprendizagem Significativa em seus alunos.

## Capítulo 3 – Metodologia

### 3.1 – Objetivos

#### Objetivo Geral

Desenvolver um Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto sobre eletrostática, baseado nos pressupostos da aprendizagem significativa, e avaliar os impactos da sua aplicação em sala de aula no desempenho dos estudantes da terceira série do Ensino Médio.

#### Objetivos Específicos

1. Usar os resultados do Pré e Pós Teste das Turmas Experimental e Controle para avaliar o desempenho dos estudantes nos conteúdos abordados;
2. Analisar a opinião dos estudantes sobre a aplicação do Plano Complementar, visando identificar pontos positivos e negativos que possam subsidiar melhorias no material desenvolvido;
3. Analisar o diário de bordo do professor-mestrando do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto, visando subsidiar melhorias em futuras aplicações desta proposta, seja pelo próprio autor ou outros interessados.

### 3.2 – Delineamento do estudo

Este estudo segue o delineamento experimental, definido por Campbell e Stanley (1979, 1991, apud, MOREIRA & ROSA, 2009), que são aqueles onde consegue-se controlar a maior parte, senão todas, as fontes de invalidez interna e externa. Na presente pesquisa, com o objetivo de controlar as fontes de invalidez se optou por trabalhar com turmas da mesma série e da mesma escola. Além disso, observou-se na sessão 4.3 que o grupo experimental e o grupo controle apresentaram o mesmo desempenho no pré-teste, indicando que eles eram inicialmente comparáveis.

Dentro das classificações feitas pelos autores (ibid.), esse estudo melhor se encaixa no delineamento do tipo 4, que é um delineamento onde se usam dois grupos distintos, o grupo experimental e o grupo controle.

|   |                |   |                |
|---|----------------|---|----------------|
| A | 0 <sub>1</sub> | X | 0 <sub>2</sub> |
| A | 0 <sub>3</sub> |   | 0 <sub>4</sub> |

Nesse tipo de delineamento, o grupo experimental e o controle são escolhidos de maneira aleatória. Ambos os grupos são observados antes de qualquer intervenção, por exemplo através de um pré-teste ( $O_1$  e  $O_3$ ). Um dos grupos, o chamado grupo experimental, recebe um tratamento (X), que no nosso caso é a aplicação do Plano Complementar de Atividades ao Livro Texto que utiliza os pressupostos da Aprendizagem Significativa, da Motivação e da Instrução pelos Colegas, e o outro, o chamado grupo controle, não recebe este tratamento, ou seja, continuará a ter aulas tradicionais sem experimentos, sem recursos multimídia, sem utilizar métodos de ensino ativo como Instrução pelos Colegas, se limitando a utilizar o quadro-branco e o livro-texto. Para evitar comparações entre os alunos do grupo controle e do grupo experimental sobre métodos de ensino diferentes, no grupo controle os alunos votaram nas questões teóricas da Instrução pelos Colegas, porém, não ocorreu a discussão posterior nem o segundo momento de votação. Estas diferenças serão melhor explicadas na seção 3.4 desta dissertação. Posteriormente, ambos os grupos são observados ( $O_2$  e  $O_4$ ), por exemplo através de um pós-teste. Uma análise dos pré-testes ( $O_1$  e  $O_3$ ) e dos pós-testes ( $O_2$  e  $O_4$ ) podem fornecer evidências sobre o efeito do tratamento X.

### 3.3 – Sujeitos e Contexto escolar

O Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto foi aplicado em uma escola da rede estadual de ensino do Estado do Espírito Santo, ligada à Secretaria de Estado de Educação (SEDU), localizada no município de Vitória. Trata-se de umas das escolas mais tradicionais da região, tendo sido inaugurada em 1906. A escola oferta apenas uma modalidade de ensino, nos seus três turnos de funcionamento: Ensino Médio Regular. A maior parte dos alunos da escola são provenientes dos municípios de Vitória e Cariacica. Em relação a infraestrutura, a escola conta com 22 salas de aulas, 2 laboratórios de informática, 1 laboratório de ciências, 1 auditório com espaço para 130 pessoas, 1 biblioteca, 1 sala de vídeo, 1 piscina semiolímpica, 4 quadras poliesportivas.

A aplicação do Plano Complementar de Atividades, desenvolvido no contexto das atividades desta dissertação, ocorreu entre os meses de fevereiro a maio de 2017, com 8 turmas da terceira série do ensino médio, sendo 5 do turno matutino e 3 do turno vespertino. Por uma questão de recomendação da instituição de ensino de que não se trabalhasse de maneira diferente nas turmas da mesma série, o grupo controle para aplicação foi composto pelas 5 turmas do turno matutino e o grupo experimental para

aplicação foi composto pelas 3 turmas do turno vespertino. Para efeito das análises realizadas neste trabalho, foram escolhidas duas turmas de cada turno. Devido a termos efetivamente duas turmas para análise no grupo experimental (3V1 e 3V2), já que em uma das turmas experimentais (3V3) não foi possível aplicar o pré-teste, foram escolhidas as duas primeiras turmas do matutino (3M1 e 3M2) para compor o grupo controle, por uma simples questão de serem as primeiras.

Todos os alunos receberam o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice B) em que foi especificado os objetivos da pesquisa. Foi solicitado aos alunos menores de idade que apresentassem o referido termo aos seus responsáveis para que pudessem decidir por assinar ou não o termo de consentimento. Aos alunos maiores de idade, foi permitido que eles mesmo procedessem a assinatura.

Além disso, para ingressar no Mestrado Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES, é necessário que o Mestrando esteja em efetivo exercício em sala de aula. Esta condição confere ao mesmo uma dupla personalidade, uma vez que deve atuar simultaneamente como professor e pesquisador. Portanto, o Professor também se configura um sujeito da pesquisa.

O Professor dessa pesquisa é graduado em Licenciatura em Física pela UFES, com pós-graduação *lato sensu* em Informática na Educação, tendo iniciado sua carreira como regente de sala em 2015 com apenas 3 anos de experiência em sala de aula. Durante a graduação, o Professor participou do Programa Institucional de Iniciação à Docência (PIBID) e do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC), com enfoque na área de Ensino de Física, Espaço Não-Formais de Educação e Motivação no contexto escolar.

### 3.4 – Descrição do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto

Como Produto Educacional, requisito básico do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFES, foi produzido e aplicado um Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto, e que está disponível na íntegra no apêndice F. Embora tenha sido desenvolvido para complementar um livro em questão, ele pode ser facilmente ajustado a qualquer outro livro que aborde o conteúdo de Eletrostática.

A SEDU utiliza o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), que é destinado a avaliar e disponibilizar as coleções de livros didáticos para as escolas públicas e a cada triênio as escolas podem escolher entre as coleções disponíveis para ser adotado. No triênio de 2015-2016-2017, o livro adotado pela escola onde ocorreu a

aplicação do produto foi o Física da Editora Saraiva, cuja capa está mostrada na Figura 3.1.



**Figura 3.1:** Capa do livro adotado pela escola para os alunos do terceiro ano. GUALTER, José Biscuola; NEWTON, Villa Bôas; DOCA, Ricardo Helou. Física 3. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

Esse livro é dividido em 5 unidades, sendo elas:

- Unidade 1 – Eletrostática (3 Capítulos);
- Unidade 2 – Eletrodinâmica (4 Capítulos);
- Unidade 3 – Eletromagnetismo (4 Capítulos);
- Unidade 4 – Física Moderna (2 Capítulos);
- Unidade 5 – Análise Dimensional (1 Capítulo).

Segundo o documento referência de conteúdos da SEDU, é sugerido que a unidade 1 seja ministrada no primeiro trimestre letivo (Fevereiro a Maio), a unidade 2 seja ministrada no segundo trimestre letivo (Maio a Setembro), a unidade 3 e a unidade 4 sejam ministradas no terceiro trimestre letivo (Setembro a Dezembro). A unidade 5 não é contemplada pelo currículo da SEDU.

A partir das orientações curriculares da SEDU e tendo como base o livro texto citado, escolhemos o tema de Eletrostática para ser abordado como parte dos trabalhos desta



dissertação. Em seguida, elaboramos o Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto para os três capítulos que compõem esta unidade de ensino:

- Capítulo 1 - Carga Elétrica;
- Capítulo 2 – Campo Elétrico;
- Capítulo 3 – Potencial Elétrico.

Todavia, devido a algumas aulas terem sua duração alterada durante a aplicação do Plano Complementar e somada com eventos da instituição de ensino, a parte do material instrucional que contemplava Potencial Elétrico foi prejudicada com um tempo muito inferior ao planejado. Esses eventos da instituição de ensino foram aulas de aplicação de provas externas (Como o PAEBES Tri), provas internas (Semana de Provas e Simulado), aula inaugural, aulas liberadas para treinamentos (como o PAEBES Tri), entre outros. Devido a isso, decidimos excluir o Capítulo 3 do Produto e da análise dos dados.

Seguindo o cronograma de aulas da SEDU, o Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto foi planejado para ser aplicado em aproximadamente 1 trimestre letivo, que corresponde a aproximadamente 27 aulas. Pensando nisso, o plano foi elaborado para ser aplicado em 20 aulas, sendo 12 aulas para o Capítulo 1, 4 a 5 aulas para o Capítulo 2, 3 aulas para apresentações do Teatro. A Tabela 3.1 apresenta um resumo do que foi apresentado e desenvolvido em cada uma das 20 aulas do Plano Complementar de Atividades.

**Tabela 3.1:** Conteúdos abordados no Plano Complementar com detalhamento dos conteúdos, atividades realizadas, pressupostos teóricos que embasam o desenvolvimento das atividades e os instrumentos da coleta de dados para as avaliações

| Aula    | Conteúdos                             | Atividades/ações   | Pressupostos teóricos  | Instrumentos de coleta de dados para a Dissertação |
|---------|---------------------------------------|--|--|--|
| 1ª Aula | Visão Geral dos Conteúdos da 3ª Série | Apresentação do Conteúdo;<br>Onde ela está relacionada no dia-dia;                                       | Uso de diferentes recursos;<br>Organizadores prévios.<br>O significado e relevância das tarefas; | Diário de Bordo;                                   |
| 2ª Aula | Pré-Teste                             | Aplicação do questionário.   | Conhecimento prévio;   | Diário de Bordo;<br>Pré-Teste.                     |
| 3ª Aula | Processos de Eletrização              | Exibição de Vídeo de como funciona a fotocopiadora;<br>Atividade experimental de Eletrização de Canudos; | Uso de diferentes recursos (Experimento);<br>Utilidade dos conteúdos (Vídeo).                    | Diário de Bordo;                                   |
| 4ª Aula | Modelos Atômicos;<br>Carga Elétrica   | Exposição do conteúdo sobre Modelos Atômicos;<br>Exposição sobre o conteúdo de Carga Elétrica.           | Organização Sequencial;<br>Utilidade dos conteúdos;  | Diário de Bordo;                                   |

|          |  |  |  |                  |
|----------|--|--|--|------------------|
| 5ª Aula  | Carga Elétrica                                       | Exposição sobre o conteúdo de Carga Elétrica;<br>Aplicação de Testes conceituais.  | Organização Sequencial;<br>Consolidação (Exercícios e IpC)   | Diário de Bordo; |
| 6ª Aula  | Princípios da Eletrostática e Condutores e Isolantes | Exposição sobre o conteúdo de Princípios de Eletrostática;<br>Exposição sobre Condutores e Isolantes Elétrica.   | Organização Sequencial;<br>Consolidação (Exercícios e IpC)   | Diário de Bordo; |
| 7ª Aula  | Processos de Eletrização                             | Exposição sobre o conteúdo de Princípios de Eletrostática;   | Organização Sequencial;<br>Reconciliação integrativa;<br>Consolidação (IpC);<br>Utilidade dos Conteúdos;<br>Recursividade. | Diário de Bordo; |
| 8ª Aula  | Processos de Eletrização                             | Realização de exercícios.  | Consolidação (Exercícios).   | Diário de Bordo; |
| 9ª Aula  | Processos de Eletrização;<br>Força Elétrica;         | Correção de Exercícios;<br>Atividade Experimental (Cabo de Guerra Eletrostática);<br>Aplicação de Teste conceitual.  | Organização Sequencial;<br>Consolidação (Exercícios e IpC).<br>Uso de diferentes recursos (Experimento);                   | Diário de Bordo; |
| 10ª Aula | Força Eletrostática                                  | Exposição sobre Lei de Coulomb;<br>Aplicação de Teste conceitual.  | Organização Sequencial;<br>Utilidade dos Conteúdos;<br>Consolidação (IpC e Exercícios).                                    | Diário de Bordo; |
| 11ª Aula | Aula de Exercícios                                   | Realização de exercícios de fixação.   | Consolidação (Exercícios).   | Diário de Bordo; |
| 12ª Aula | Aula de Correção de Exercícios                       | Correção dos exercícios de fixação.  | Consolidação (Exercícios).   | Diário de Bordo; |
| 13ª Aula | Blindagem eletrostática                              | Aula experimental sobre blindagem eletrostática.   | Uso de diferentes recursos (Experimento);<br>Utilidade dos conteúdos.<br>Desafio.  | Diário de Bordo; |
| 14ª Aula | Campo Elétrico                                       | Exposição sobre o conteúdo de Campo Elétrico;<br>Demonstração de Campo elétrico uniforme, a partir do uso de um simulador  | Organização sequencial;<br>Uso de diferentes recursos (Simulador);<br>Consolidação (Exercícios e IpC).                     | Diário de Bordo; |
| 15ª Aula | Campo Elétrico Uniforme                              | Exposição sobre o conteúdo de Campo Elétrico Uniforme;<br>Demonstração de Campo elétrico uniforme, a partir do uso de um simulador sobre Capacitores;<br>Resolução de exercícios de fixação. | Organização sequencial;<br>Uso de diferentes recursos (Simulador);<br>Consolidação (Exercícios).                           | Diário de Bordo; |
| 16ª Aula | Densidade Superficial de Cargas e Poder das Pontas   | Exposição do conteúdo;<br>Resolução de exercícios de fixação.  | Organização sequencial;<br>Utilidade dos conteúdos (Como funciona o para-raios);<br>Consolidação (Exercícios).             | Diário de Bordo; |
| 17ª Aula | Prova Parcial  | Aplicação da Prova.  | Avaliação formativa;<br>Consolidação.  | Prova;           |
| 20ª Aula | Apresentação de Trabalhos Trimestrais                | Apresentação de Teatro.  | Uso de diferentes recursos;<br>Uso de Embelezamentos;<br>Desafios.   | Diário de Bordo; |

|          |                                       |                         |  |                  |
|----------|---------------------------------------|-------------------------|--|------------------|
| 21ª Aula | Apresentação de Trabalhos Trimestrais | Apresentação de Teatro. | Uso de diferentes recursos;<br>Uso de Embelezamentos;<br>Desafios. | Diário de Bordo; |
| 22ª Aula | Apresentação de Trabalhos Trimestrais | Apresentação de Teatro. | Uso de diferentes recursos;<br>Uso de Embelezamentos;<br>Desafios. | Diário de Bordo; |

Como o Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto foi desenvolvido tendo como base os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Motivação, objetivando a implementação das seis ações discutidas no capítulo 2, a sequência de aulas possui algumas sessões e características que se repetem ao longo do texto e que demandam uma descrição resumida para melhor compreender o desenvolvimento do trabalho. Lembrando que o Plano Completo está disponível no apêndice F. São elas:

- A utilidade da Física

Esta sessão é pensada para que o ensino sempre que possível, parta de algo concreto, que o aluno já conhece e que se desenvolvesse todo o conteúdo a ser ensinado a partir desse ponto. Esta seção é desenvolvida tendo como base o pressuposto do material ser potencialmente significativo da Aprendizagem Significativa e a sugestão de Bzuneck (2010) de mostrar a utilidade e a aplicação do conteúdo a ser estudado. Um exemplo dessa sessão foi na aula inicial do material, foi exibido aos alunos algumas aplicações do dia a dia sobre eletrostática, como o funcionamento do para-raios, o motivo de caminhões terem uma corrente arrastando no chão, entre outros. No grupo controle, o único momento que essa sessão foi utilizada foi na aula inicial, que está disponível no Apêndice A do Plano Complementar.

- Usando Experimento com o Professor

Esta sessão possui a descrição completa dos experimentos que foram utilizados no decorrer das aulas, contemplando montagem e tutorial de utilização. Além disso, existem perguntas que antecedem a execução do experimento, ou de alguns passos do experimento, assim como perguntas posteriores a execução do mesmo. Essas perguntas têm por objetivo fazer os alunos pensarem e criarem hipóteses relacionadas ao experimento, e não apenas o executarem, confrontando posteriormente suas hipóteses com os resultados encontrados. Esse confronto de hipóteses anteriores aos experimentos com os resultados contribui para a motivação do aluno, segundo Vigotski:

A motivação, causada não só pelo impacto da própria atividade, mas principalmente pela possibilidade de se prever e, em seguida, conferir o resultado de algumas experiências (GASPAR, 2014, p. 228).

Além disso, as atividades experimentais eram sempre executadas em grupos a fim de promover interação social entre os alunos, que segundo Vigotski (GASPAR, 2014, p.209), é um princípio básico para o ensino e aprendizado de ciências, ao mesmo tempo que promove negociação de significados entre os alunos. Essa sessão também contempla a sugestão de Bzuneck (2010) referente ao uso de Embelezamentos e também um dos aspectos transversais de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (MOREIRA, 2011), que aponta que em todos os passos do processo ensino aprendizagem, deve-se utilizar materiais e estratégias de ensino diversificadas. No grupo controle, não é apresentado e nem realizado nenhum experimento.

- Teste Conceitual

Esta sessão propõe os testes conceituais que são utilizados durante as aulas com o objetivo de consolidar os conhecimentos, que podem ser utilizados como uma ferramenta que potencializa a negociação de significados entre os alunos. Essa negociação de significado pode se dar de diversas formas. O método de Instrução pelos Colegas (Araújo & Mazur, 2013) tem sido entendido pelo grupo de pesquisa em Aprendizagem Significativa de Física da UFES como uma forma de promover a consolidação dos conteúdos. Portanto, essa sessão apresenta alguns testes conceituais que foram utilizados para implementar esse método. Na turma controle, os testes conceituais são aplicados e são utilizados as “plaquinhas” para votação. Porém, não ocorre a discussão entre os alunos e o segundo momento de votação, sugeridos pelo método de Instrução pelos Colegas.

- Teatro

Seguindo as orientações de Bzuneck (2010), é proposto um trabalho trimestral que, na nossa concepção, se configurou como um grande desafio. É solicitado aos alunos do grupo experimental a elaboração e apresentação de uma apresentação de uma peça de teatro, com temática de Física, onde os mesmos teriam que traduzir na linguagem teatral fatos históricos e conceitos físicos. Cada sala apresenta 3 peças, sendo cada uma de um tema diferente. Todas as salas possuem dois temas fixos em comum, que são “A História da Eletricidade” e “O Desenvolvimento da Física Moderna” e o terceiro tema era

escolhido pela turma. Os três temas livres escolhidos pelas turmas são “O homem foi a Lua?”, “Albert Einstein” e “Astronomia”.

Cada grupo apresenta apenas uma vez, durante uma aula e as apresentações ocorreram no fim do trimestre letivo, finalizando também a aplicação do Plano Complementar e sendo a última avaliação somativa dos alunos. A avaliação do teatro é realizada, no esquema de banca examinadora, com a ajuda de outros professores da escola que são convidados a levar suas turmas para prestigiar as apresentações. Os professores avaliadores são convidados a preencher um formulário *likert* (Apêndice E do Produto Educacional, página 68), com critérios a serem avaliados em uma escala de péssimo a excelente. Após a finalização de todas as apresentações, eu transformo as respostas dadas no formulário em um valor numérico.

E aos alunos é oferecido ainda um último desafio: Cada grupo de teatro possui um líder. Esse líder é convidado a preencher um outro formulário (Apêndice F do Produto Educacional, página 69), onde ele tem que colocar o nome e a contribuição de cada membro do grupo. Após o preenchimento, os líderes me devolvem o formulário. Eu elimino os alunos que não contribuem para o trabalho e preencho o campo “Somatória Máxima” que corresponde ao total de pontos que o grupo decidirá como distribuir. Essa somatória máxima é calculada pegando a média do grupo e multiplicando pelo número de alunos que efetivamente participaram do teatro, sendo o valor numérico resultante arredondado para cima. Então, devolvo o formulário para o líder e o grupo decide como distribuirá aqueles pontos ganhos. É permitido ao grupo fazer qualquer distribuição de pontos, desde que cada aluno fique com uma nota inteira (sem valores decimais) e que a somatória distribuída não ultrapassasse a somatória máxima.

No grupo controle, é proposto a produção de vídeos aos alunos. Os vídeos possuem os mesmos temas e o mesmo tempo de confecção que os dos Teatros do grupo experimental. No vídeo, os alunos, divididos em grupos de 4 ou 5, são convidados a traduzir de maneira criativa, utilizando os recursos que os mesmos quisessem, fatos históricos e conceitos físicos. Esses vídeos, de duração mínima de 10 minutos e máxima de 20 minutos, são enviados ao professor via e-mail.

- Uso do Livro-texto

O produto educacional gerado foi um Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto focado no tema Eletrostática. Durante a aplicação do produto, o Livro-Texto foi utilizado

nos momentos de resolução e explicação de exercícios. Eu informava aos alunos quais exercícios eles deveriam resolver e onde os encontrar no livro. Caso os alunos quisessem consultar o conteúdo no livro, os mesmos poderiam o fazer, porém, o conteúdo foi exposto independente do livro, utilizando projetor e quadro. Nas turmas do grupo experimental, também era utilizado simulações computacionais e atividades experimentais tais como propostas no Plano Complementar de Atividades.

### 3.5 – Instrumentos de Coleta de Dados

- Questionário sobre concepções iniciais (Pré-Teste)

Para que possamos desenvolver a avaliação que foi definida no primeiro objetivo específico deste trabalho, que é a comparação do rendimento dos grupos experimentais e controle antes e depois da instrução, aplicamos um questionário anterior a aplicação (Pré-teste) do Plano de Atividades, sobre o tema eletrostática.

Esse questionário é composto de 11 perguntas abertas com englobavam os principais conceitos da eletrostática. Os alunos são comunicados que o questionário não vale ponto e que são sobre os conceitos que ainda irão ser estudados em sala de aula. Procuramos deixar claro que o objetivo do questionário é apenas saber seus conhecimentos iniciais, mesmo que não sejam “corretos”. O questionário está disponível no apêndice C do Plano Complementar (Página 63 do Produto Educacional), tendo sido retirado apenas o logo da instituição de ensino, por questões éticas. A turma controle respondeu ao mesmo questionário.

- Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste)

Aproveitando a obrigatoriedade de ter pelo menos uma avaliação escrita individual da instituição de ensino onde o Plano Complementar foi aplicado, utilizamos esta avaliação escrita (prova) como um instrumento de coleta de dados da pesquisa. A prova conta com 14 questões, sendo 8 objetivas, possuindo apenas uma alternativa correta, e 6 questões discursivas. Os aspectos conceituais são abordados em 9 questões, sobre modelo atômico, quantização da carga elétrica, condutores e isolantes elétricos, processos de eletrização, blindagem eletrostática e campo elétrico. As demais avaliavam o domínio na parte numérica, relacionados a processos de eletrização, força eletrostática e campo elétrico. A prova completa está disponível no apêndice G do Plano Complementar (Página 69 do Produto Educacional), tendo sido retirado apenas o logo

da instituição de ensino, por questões éticas. A turma controle respondeu a mesma avaliação, com alteração dos valores e da ordem das questões.

- Questionário de Opinião

Este questionário conta com 5 perguntas abertas e semiabertas que busca capturar dos a opinião dos alunos sobre o que eles gostam e não gostam em relação ao conteúdo de Eletrostática e também sobre a metodologia de ensino e avaliação do mesmo. Esse questionário é respondido no fim da aplicação do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto.

É importante destacar que esse questionário é para ser respondido de maneira anônima, portanto, não existe nenhum campo para se colocar nomes. Além disso, o Professor deixa um envelope na sala, longe de sua mesa, aonde os alunos podem colocar o questionário respondido na ordem que eles quisessem, evitando assim serem identificados. Todo esse cuidado é para tentar garantir o máximo de sinceridade por parte dos alunos. O questionário está disponível no apêndice A, tendo sido retirado apenas o logo da instituição de ensino, por questões éticas.

- Anotações do Professor

As anotações do professor ao qual nos referimos nesse trabalho trata de um conjunto de anotações informações, feitas pelo Professor-Mestrando, com o objetivo de registrar eventos do cotidiano da sala de aula que possam servir para uma reflexão crítica da sua própria prática. Nessas anotações, podem-se encontrar informações sobre acontecimentos que ocorreram e deram resultados imprevistos, assim como o que deu certo ou errado em determinada aula. O termo “Anotações do Professor” que é utilizado neste trabalho é descrito por Cãnete (2010) como sendo “diário de bordo”. Segundo a autora esse diário é:

(...) compreendido como o instrumento de registro escrito que o professor utiliza para documentar os acontecimentos da aula, seus sentimentos, preocupações, frustrações, conquistas, que fez, as atitudes dos alunos, as propostas de ação, assim como a relação destes com teorias já estudadas ou novas teorias que vier a estudar (p.12).

As anotações do professor são escritas de maneira informal, diariamente, e capturam a visão do professor sobre todo o processo de aplicação do Plano Complementar. As anotações auxiliam a guardar informações relevantes sobre acontecimentos interessantes, perguntas inusitadas, atitudes e comportamentos dos alunos durante as

atividades propostas e demais fatores que possam influenciar a aprendizagem dos alunos.

### 3.6 – Técnicas de Análise de Dados

O pré-teste e o pós-teste, descritos na sessão anterior, foram submetidos a uma análise estatística para possibilitar um maior entendimento dos seus resultados.

Segundo Silva (2015), os testes estatísticos se dividem em *paramétricos* que são utilizados quando existe normalidade na distribuição e possui alto poder estatístico, e *não paramétricos* que são aplicados quando os dados não são normais e têm um menor poder estatístico.

Procuramos verificar se os conjuntos de dados constituem uma distribuição normal e constatamos que a maioria dos testes deu resultado negativo. Decidimos utilizar então os testes não paramétricos *U de Mann-Whitney* e *Wilcoxon*.

Ainda segundo Silva (2015), O teste de Wilcoxon deve ser utilizado quando duas amostras antes e depois, no caso da presente dissertação são o Pré-Teste e Pós-Teste, de uma mesma população são comparadas.

No teste de Wilcoxon é feita uma hipótese nula: uma afirmativa que será testada pelo método estatístico. O teste mede então o quanto os dados se evidenciam se a hipótese nula é verdadeira, retornando um valor para cada teste. O valor retornado pelo teste chama-se p-valor, e quanto menor este número, mais forte é a evidência contra a hipótese nula. Este p-valor é determinado de maneira arbitrária, dependendo da precisão, ou seja, do nível de significância que se deseja obter nos resultados. Para todos os testes deste trabalho foi adotado o nível de significância de 5% (p-valor = 0,05). Isso quer dizer que:

- $p\text{-valor} \leq 0,05 \rightarrow$  Rejeita-se a hipótese nula com significância estatística.
- $p\text{-valor} > 0,05 \rightarrow$  A hipótese nula é confirmada como válida.

Um segundo teste utilizado, foi o teste *U de Mann-Whitney*, que é utilizado para comparar duas amostras independentes com tamanhos aleatórios. Este teste foi utilizado para comparar as médias do grupo controle contra o grupo experimental. Quando comparamos as médias do mesmo grupo em momentos distintos, era utilizado o teste de Wilcoxon.



Os testes estatísticos foram realizados usando-se o ambiente estatístico R (R Core Team, 2015), um *software* Livre (Open Source – Código Fonte Aberto).

## Capítulo 4 – Apresentação, Discursão dos Dados e Resultados

Nesse capítulo serão apresentados e discutidos os dados obtidos em cada um dos instrumentos de coleta de dados descritos no capítulo anterior.

### 4.1 – Questionário sobre concepções iniciais (Pré-teste)

Antes de iniciarmos a análise propriamente dita, é importante frisar que alguns alunos optaram por não responder ao questionário e outros deixaram algumas questões em branco então a soma das quantidades de respostas por vezes não corresponderá ao quantitativo total de alunos dos grupos.

Ambos os grupos possuem média de idade próximas, sendo:

**Tabela 4.1:** Média de idades dos grupos controle e experimental

|                           | <b>Média</b> | <b>Desvio Padrão</b> |
|---------------------------|--------------|----------------------|
| <b>Grupo Controle</b>     | 17,08        | 0,90                 |
| <b>Grupo Experimental</b> | 16,92        | 0,96                 |

No grupo controle temos apenas 02 alunos repetentes e no grupo experimental, não foram encontrados alunos repetentes.

Em relação a área de conhecimento, tivemos o quantitativo de alunos que se identifica em alguma das áreas disponibilizadas no questionário foi o seguinte:

**Tabela 4.2:** Percentual de alunos por área de conhecimento

|                           | <b>Ciências Humanas</b> | <b>Ciências Exatas</b> | <b>Ciências Biológicas</b> |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| <b>Grupo Controle</b>     | 56,3%                   | 20,3%                  | 23,4%                      |
| <b>Grupo Experimental</b> | 35,3%                   | 25,5%                  | 39,2%                      |

Para confecção da Tabela 4.2, foi considerado apenas os alunos que se identificaram com uma única área de conhecimento.

Nas tabelas a seguir, as respostas dos estudantes as perguntas do questionário de concepções iniciais foram classificadas em grupos, sendo estes:

**Correto (C)** – Quando o aluno conseguiu chegar a uma resposta aceita no contexto da matéria de ensino;

**Parcialmente Correto (PC)** – Quando o aluno respondeu de modo parcialmente aceito no contexto da matéria de ensino;

**Incorreto (I)** – Quando forneceu uma resposta totalmente incorreta no contexto da matéria de ensino;

**Em Branco (B)** – Quando o aluno não respondeu à questão.

**Tabela 4.3:** Percentual de respostas as perguntas do questionário de concepções iniciais (1 – Grupo Experimental 62 Alunos; 2 – Grupo Controle - 68)

| Pergunta   | C                |                   | PC               |                   | I                |                   | B                |                   |
|--|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|  | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> |
| Explique o que você entende por eletricidade estática (também chamada de eletrostática)?   | 03,2             | 11,8              | 22,6             | 14,7              | 43,5             | 42,6              | 30,6             | 30,9              |
| Quando atritamos uma régua em nossos cabelos e posteriormente colocamos essa régua perto de pequenos pedaços de papel, essa régua atrai os pedacinhos de papel. O que faz com que essa régua atraia os pedaços de papel? Qual o nome você daria a esse fenômeno? | 21,0             | 11,8              | 32,3             | 36,8              | 32,3             | 38,2              | 14,5             | 13,2              |
| Existe diferença entre eletricidade e energia? Peça que explique sua resposta.   | 18,0             | 13,2              | 23,0             | 10,3              | 37,7             | 63,2              | 21,3             | 13,2              |
| Você acha que existe mais de um tipo de eletricidade? Peça que explique sua resposta.  | 12,9             | 11,9              | 03,2             | 09,0              | 69,4             | 68,7              | 14,5             | 10,4              |
| Quais fenômenos você conhece que tem a ver com a eletrostática?  | 29,0             | 29,9              | 04,8             | 07,5              | 35,5             | 20,9              | 30,6             | 41,8              |
| A imagem a seguir é uma representação de Benjamin Franklin recebendo uma parte de raio na pipa e o direcionando a um recipiente. Você acha que esse fato é possível na prática? Justifique sua resposta.   | 14,5             | 10,3              | 16,1             | 30,9              | 50,0             | 36,8              | 19,4             | 22,1              |
| Explique como funciona o para raio. Se não souber, escreva como acredita que funcione.   | 04,8             | 38,2              | 40,3             | 44,1              | 51,6             | 13,2              | 03,2             | 04,4              |
| Na sua concepção, o que é um átomo? Do que ele é constituído?  | 19,4             | 17,6              | 25,8             | 27,9              | 46,8             | 45,6              | 08,1             | 08,8              |
| Explique o que você entende por carga elétrica?  | 07,5             | 10,3              | 07,5             | 29,4              | 75,0             | 48,5              | 10,0             | 11,8              |
| Explique o que você entende por força elétrica?  | 12,9             | 05,9              | 09,7             | 07,4              | 59,7             | 58,8              | 17,7             | 27,9              |
| Explique o que você entende por campo elétrico?  | 04,8             | 04,4              | 09,7             | 13,2              | 69,4             | 64,7              | 16,1             | 17,6              |

Olhando a primeira pergunta da Tabela 4.3, podemos perceber que os resultados indicam que os alunos não tinham muitos conhecimentos prévios relativos ao que seja eletrostática, já que os grupos experimental e controle possuem percentuais de respostas incorretas (43,5% e 42,6%) e em branco (30,6% e 30,9%) bem maiores que os percentuais de respostas corretas (3,2% e 11,8%) e parcialmente corretas (22,6% e 14,7%). Esses resultados eram esperados, pois eles não haviam tido um estudo formal desse conteúdo.

Olhando a segunda pergunta, vemos que aproximadamente metade dos alunos conseguiram explicar parcialmente (32,3% e 36,8%) ou completamente (21,0% e 11,8%) o fenômeno descrito, mesmo sem possuírem a linguagem formal da Física.

Através das respostas da terceira pergunta, encontramos um indicativo que a maioria dos alunos associam energia apenas a energia elétrica domiciliar e não conseguiram assimilar outras formas de energia na sua estrutura cognitiva.

Na quarta pergunta, podemos perceber que em sua maioria, os alunos foram incapazes de fornecer uma resposta que possa ser considerada correta no contexto da Eletrostática, tendo apenas 12,9% e 11,9 de respostas corretas e 3,2% e 9,0% de

parcialmente corretas. A maioria das respostas, indica que os alunos acreditam que existem vários tipos de eletricidade.

Os resultados da quinta pergunta, nos indicam que os alunos não conheciam fenômenos eletrostáticas, pois 35,5% e 20,9% responderam incorretamente, enquanto 30,6% e 41,8% nem tentaram responder a essa pergunta.

A pergunta 6 nos confirma que os alunos possuíam poucos conhecimentos prévios sobre eletrostática, em específico relacionado ao mito da pipa de Benjamin Franklin, já que 50,0% e 36,8% responderam incorretamente e 19,4% e 22,1% deixaram em branco.

Na pergunta 7, ocorreu um fato curioso. O grupo experimental apresentou um percentual de acertos muito inferior ao grupo controle, sendo apenas 4,8% contra 38,2%. Porém, ao olharmos os percentuais de parcialmente correto, vemos uma equivalência, sendo 40,3% para o grupo experimental e 44,1% para o grupo controle. Esses resultados podem ser interpretados como um indício que o grupo controle tinham um maior contato com o funcionamento do para-raios.

A pergunta 8, sobre átomos, mostrou resultados que indicam que os alunos tinham *subsunçores* relacionados a esse conteúdo. O percentual de respostas corretas é próximo nos dois grupos (19,4% e 17,6%). O percentual de respostas parcialmente correta nos dois grupos também é próximo, sendo 25,8% do grupo experimental contra 27,9% do grupo controle. Ao compararmos o percentual de respostas incorretas, encontramos 46,8% para o grupo experimental e 45,6% para o grupo controle. As respostas em branco nos fornecem 8,1% do grupo experimental e 8,8% do grupo controle.

A pergunta 9 nos mostra claramente que os alunos não tinham conhecimentos adequados relativos ao conceito de carga elétrica, quando 75,0% dos alunos do grupo controle e 48,5% dos alunos do grupo experimental responderam de maneira incorreta a pergunta. Além de encontrarmos para a mesma pergunta, 10,0% do grupo experimental e 11,8% do grupo controle, que não tentaram responder à pergunta.

A pergunta 10, sobre força elétrica, nos apresenta resultados próximos aos da pergunta anterior, onde 59,7% dos alunos do grupo experimental e 58,8% dos alunos do grupo controle responderam incorretamente e 17,7% do grupo experimental e 27,9% não tentaram responder à pergunta.

A pergunta 11, relativa a campo elétrico, apresenta resultados presentes similares as perguntas 8 e 9. O percentual de respostas incorreta é de 69,4% para o grupo experimental e de 64,7% para o grupo controle. O percentual de respostas em branco é de 16,1% para o grupo experimental e 17,6% para o grupo controle.

Ao olharmos para a tabela 4.3 em busca das perguntas com maiores percentuais de erros, podemos encontrar aí uma boa orientação para o professor preparar suas aulas.

A partir da pergunta 4, podemos perceber que os alunos não sabem diferenciar os vários tipos de energia, mesmo que o tema energia seja tratado em todos os anos do ensino médio dentro da disciplina de Física. A partir daí, podemos sugerir ao professor que trabalhe essa diferenciação com seus alunos, sempre que possível.

A partir das perguntas 9, 10 e 11, entendemos que conceitos relativos a eletrostática, não foram associados a estrutura cognitiva do aluno através de ensinamentos não formais. Logo, é aconselhável que o professor paute sua prática com cautela, pois ele terá que ajudar os alunos a construir as primeiras ideias-âncoras em sua estrutura cognitiva para que assim, a aprendizagem dos conteúdos seguintes possa se dar de maneira significativa, e não apenas uma aprendizagem mecânica.

#### 4.2 – Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste)

O início da aplicação do Plano Complementar, que coincidiu com o início do ano letivo foi no dia 13/02/2017 (Grupo Experimental) e no dia 20/02/2017 (Grupo Controle) e a Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste) foi realizada no dia 18/04/2017 para ambos os grupos. A diferença na data de início do ano letivo nos grupos se justifica, pois, ocorreu uma reorganização de turmas no turno matutino e o Professor-Mestrando assumiu o Grupo Controle com a defasagem de uma semana.

O Pós-Teste continha 14 questões, que abordavam os conteúdos apresentados no Plano Complementar. A discriminação do conteúdo de cada questão do Pós-Teste pode ser observada na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4:** Descrição detalhada do conteúdo de cada questão do Pós-Teste

| Número | Conceito Abordado                | Tipo da Questão |
|--------|----------------------------------|-----------------|
| 01     | Modelo Atômico                   | Conceitual      |
| 02     | Carga Elétrica                   | Conceitual      |
| 03     | Processos de Eletrização         | Numérica        |
| 04     | Força Elétrica                   | Numérica        |
| 05     | Condutores e Isolantes Elétricos | Conceitual      |
| 06     | Processos de Eletrização         | Conceitual      |
| 07     | Campo Elétrico                   | Numérica        |
| 08     | Campo Elétrico                   | Conceitual      |
| 09     | Campo Elétrico                   | Numérica        |
| 10     | Campo Elétrico                   | Conceitual      |
| 11     | Blindagem Eletrostática          | Conceitual      |
| 12     | Processos de Eletrização         | Conceitual      |
| 13     | Campo Elétrico                   | Numérica        |
| 14     | Processos de Eletrização         | Conceitual      |

Após a correção dos pós-teste, as respostas dos alunos foram tabuladas e categorizadas em Correto (C), Parcialmente Correto (PC), Incorreto (I) e em Branco (B), de maneira análoga ao que foi feito com o pré-teste. O resultado encontrado é mostrado na tabela 4.5.

**Tabela 4.5:** Percentual de respostas as perguntas do Pós-Teste (1 – Grupo Experimental 74 Alunos; 2 – Grupo Controle - 79)

| Questão | C                |                   | PC               |                   | I                |                   | B                |                   |
|---------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|         | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> | Exp <sup>1</sup> | Ctrl <sup>2</sup> |
| 01      | 20,3             | 12,7              | 8,1              | 10,1              | 35,1             | 45,6              | 36,5             | 31,6              |
| 02      | 35,1             | 10,1              | 5,4              | 5,1               | 35,1             | 53,2              | 24,3             | 31,6              |
| 03      | 10,8             | 8,9               | 5,4              | 1,3               | 81,1             | 87,3              | 2,7              | 2,5               |
| 04      | 8,1              | 6,3               | 37,8             | 6,3               | 40,5             | 68,4              | 13,5             | 19,0              |
| 05      | 60,8             | 45,6              | 0,0              | 0,0               | 39,2             | 53,2              | 0,0              | 1,3               |
| 06      | 64,9             | 50,6              | 0,0              | 0,0               | 35,1             | 48,1              | 0,0              | 1,3               |
| 07      | 4,1              | 1,3               | 8,1              | 2,5               | 32,4             | 38,0              | 55,4             | 58,2              |
| 08      | 52,7             | 36,7              | 0,0              | 0,0               | 47,3             | 60,8              | 0,0              | 2,5               |
| 09      | 25,7             | 11,4              | 2,7              | 2,5               | 68,9             | 86,1              | 2,7              | 0,0               |
| 10      | 85,1             | 73,4              | 0,0              | 0,0               | 14,9             | 25,3              | 0,0              | 1,3               |
| 11      | 75,7             | 54,4              | 0,0              | 0,0               | 24,3             | 41,8              | 0,0              | 3,8               |
| 12      | 32,4             | 27,8              | 0,0              | 0,0               | 67,6             | 70,9              | 0,0              | 1,3               |
| 13      | 1,4              | 1,3               | 4,1              | 5,1               | 44,6             | 87,3              | 50,0             | 6,3               |
| 14      | 27,0             | 27,8              | 8,1              | 3,8               | 47,3             | 63,3              | 17,6             | 5,1               |

Ao analisarmos a Tabela 4.5, vemos que o percentual de questões classificadas como Incorretas é menor grupo experimental em todas as questões ao serem comparadas com o grupo controle. Também é possível notar que o percentual de questões classificadas como Corretas é maior no grupo experimental do que no grupo controle na maioria das

questões. Isso parece ser um indicativo que o grupo experimental teve maior assimilação dos conteúdos que o grupo controle.

É possível notar que as questões com o maior percentual de respostas classificadas como Incorreta foram as questões 03, tendo 81,1% no grupo experimental e 87,3% no grupo controle, e 09, tendo 68,9% no grupo experimental e 86,1% no grupo controle. Essas questões exigiam domínio matemático para manipular equações. Outra questão com alto índice de respostas incorreta foi a questão 13, também exigindo domínio matemático, tendo 44,6% no grupo experimental e 87,3% no grupo controle. Porém, nessa questão se observa que o grupo controle encontrou uma dificuldade relativamente maior que o grupo controle.

Na tabela a seguir, apresentamos as médias aritméticas e os desvios padrões das turmas do grupo experimental e do grupo controle:

**Tabela 4.6:** Médias e Desvio Padrão dos grupos experimental e controle

| Grupo Controle |                  |       |               | Grupo Experimental |                  |       |               |
|----------------|------------------|-------|---------------|--------------------|------------------|-------|---------------|
|                | Nº Participantes | Média | Desvio Padrão |                    | Nº Participantes | Média | Desvio Padrão |
| <b>3M1</b>     | 40               | 2,19  | 1,70          | <b>3V1</b>         | 38               | 3,58  | 1,84          |
| <b>3M2</b>     | 42               | 2,56  | 2,01          | <b>3V2</b>         | 39               | 3,22  | 1,82          |

Esses resultados mostram uma melhora na média das turmas experimentais em relação as turmas do grupo controle, levando em consideração que todas as turmas do grupo experimental alcançaram uma média maior que qualquer turma do grupo controle. Essa melhora parece estar de acordo com o resultado exibido na tabela 4.6.

Porém, a melhora no desempenho das turmas experimentais em relação ao grupo controle, foi abaixo do esperado, visto que, embora maiores as médias, ainda estão consideravelmente abaixo da média escolar necessária para aprovação, que é de 6,0 pontos.

### 4.3 – Análise Estatística

Buscando avaliar o impacto das atividades no desempenho dos estudantes nas turmas experimentais e controle, foi feita uma análise estatística das notas do pré-teste e do pós-teste. Para isso, durante a análise de dados, foi atribuído uma nota ao pré-teste de cada aluno. Essa nota foi utilizada apenas para análises e os alunos não foram efetivamente pontuados pelo pré-teste. Foram excluídos nessa parte da análise os

alunos que não fizeram ou o pré-teste ou o pós-teste. Na Tabela 4.7, são apresentadas as notas que foram utilizadas para as análises.

**Tabela 4.7:** *Notas dos alunos no pré-teste e no pós-teste dos grupos controle e experimental*

| Grupo Controle |     |     |     |     |     | Grupo Experimental |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3M1            |     |     | 3M2 |     |     | 3V1                |     |     | 3V2 |     |     |
| Nº             | Pré | Pós | Nº  | Pré | Pós | Nº                 | Pré | Pós | Nº  | Pré | Pós |
| 01             | 2,7 | 3,5 | 01  | 2,7 | 1,0 | 01                 | 6,8 | 7,5 | 01  | 3,2 | 2,3 |
| 02             | 4,1 | 1,0 | 02  | 2,7 | 2,5 | 02                 | 3,2 | 5,8 | 02  | 1,4 | 2,0 |
| 03             | 3,2 | 4,0 | 03  | 3,2 | 3,5 | 03                 | 2,3 | 6,0 | 03  | 1,4 | 6,4 |
| 04             | 2,3 | 1,0 | 04  | 5,0 | 5,4 | 04                 | 0,9 | 3,0 | 04  | 1,4 | 0,5 |
| 05             | 5,0 | 3,0 | 05  | 1,4 | 0,0 | 05                 | 2,3 | 1,5 | 05  | 2,7 | 1,3 |
| 06             | 2,7 | 4,5 | 06  | 1,8 | 2,2 | 06                 | 4,1 | 2,5 | 06  | 2,7 | 4,1 |
| 07             | 6,8 | 8,5 | 07  | 1,4 | 1,5 | 07                 | 3,2 | 2,7 | 07  | 4,1 | 6,5 |
| 08             | 1,8 | 1,0 | 08  | 3,6 | 6,8 | 08                 | 3,2 | 5,3 | 08  | 1,8 | 5,3 |
| 09             | 2,3 | 1,0 | 09  | 1,8 | 1,0 | 09                 | 1,8 | 6,5 | 09  | 2,3 | 4,4 |
| 10             | 3,6 | 0,0 | 10  | 4,5 | 1,5 | 10                 | 1,8 | 2,5 | 10  | 5,0 | 4,4 |
| 11             | 0,5 | 2,3 | 11  | 1,8 | 3,5 | 11                 | 0,9 | 3,5 | 11  | 5,0 | 6,3 |
| 12             | 2,3 | 1,5 | 12  | 2,3 | 2,0 | 12                 | 1,8 | 3,5 | 12  | 3,6 | 4,3 |
| 13             | 1,4 | 3,0 | 13  | 3,2 | 8,0 | 13                 | 0,9 | 2,5 | 13  | 3,6 | 1,5 |
| 14             | 3,2 | 0,5 | 14  | 1,8 | 1,5 | 14                 | 1,4 | 3,8 | 14  | 1,4 | 3,0 |
| 15             | 6,4 | 2,3 | 15  | 0,5 | 3,0 | 15                 | 0,5 | 1,0 | 15  | 0,9 | 4,5 |
| 16             | 5,9 | 3,0 | 16  | 1,4 | 4,2 | 16                 | 2,3 | 0,0 | 16  | 0,5 | 1,5 |
| 17             | 0,5 | 2,5 | 17  | 1,8 | 4,5 | 17                 | 3,2 | 6,5 | 17  | 2,3 | 0,5 |
| 18             | 4,1 | 2,0 | 18  | 2,3 | 1,5 | 18                 | 2,7 | 2,5 | 18  | 0,9 | 2,0 |
| 19             | 0,5 | 3,8 | 19  | 5,0 | 5,5 | 19                 | 2,3 | 5,8 | 19  | 1,4 | 2,0 |
| 20             | 4,1 | 6,3 | 20  | 0,5 | 1,0 | 20                 | 3,6 | 6,2 | 20  | 3,2 | 4,5 |
| 21             | 1,8 | 1,5 | 21  | 6,8 | 8,6 | 21                 | 2,3 | 4,8 | 21  | 0,5 | 4,3 |
| 22             | 1,4 | 1,5 | 22  | 0,5 | 0,0 | 22                 | 0,9 | 2,8 | 22  | 2,7 | 2,5 |
| 23             | 1,8 | 0,5 | 23  | 0,0 | 0,5 | 23                 | 1,4 | 3,0 | 23  | 3,2 | 7,5 |
| 24             | 0,9 | 1,3 | 24  | 2,3 | 2,0 | 24                 | 0,0 | 4,0 | 24  | 1,4 | 4,6 |
| 25             | 3,6 | 3,0 | 25  | 0,5 | 1,0 | 25                 | 1,8 | 2,0 | 25  | 2,3 | 3,5 |
| 26             | 2,3 | 0,0 | 26  | 2,7 | 4,5 | 26                 | 0,9 | 2,0 | 26  | 1,8 | 7,4 |
| 27             | 3,2 | 1,0 | 27  | 1,8 | 1,0 | 27                 | 2,7 | 3,9 |     |     |     |
| 28             | 4,5 | 2,5 | 28  | 0,9 | 1,5 | 28                 | 1,4 | 3,5 |     |     |     |
| 29             | 4,5 | 0,5 | 29  | 0,9 | 3,3 | 29                 | 4,1 | 7,8 |     |     |     |
| 30             | 1,4 | 1,0 | 30  | 0,5 | 3,1 | 30                 | 3,2 | 3,0 |     |     |     |
|                |     |     | 31  | 0,5 | 2,5 | 31                 | 0,5 | 3,0 |     |     |     |
|                |     |     | 32  | 2,3 | 2,8 | 32                 | 1,4 | 2,8 |     |     |     |
|                |     |     |     |     |     | 33                 | 0,5 | 1,5 |     |     |     |

Utilizando os dados da Tabela 4.7, procuramos verificar se os conjuntos de dados constituem uma distribuição normal e constatamos que a maioria dos testes deu resultado negativo. Nestes casos, para se verificar se existe diferença estatística entre as notas dos alunos no Pré-Teste e no Pós-Teste, deve-se utilizar um teste não paramétrico, nesse caso o *U de Mann-Whitney*, obtendo os seguintes resultados:



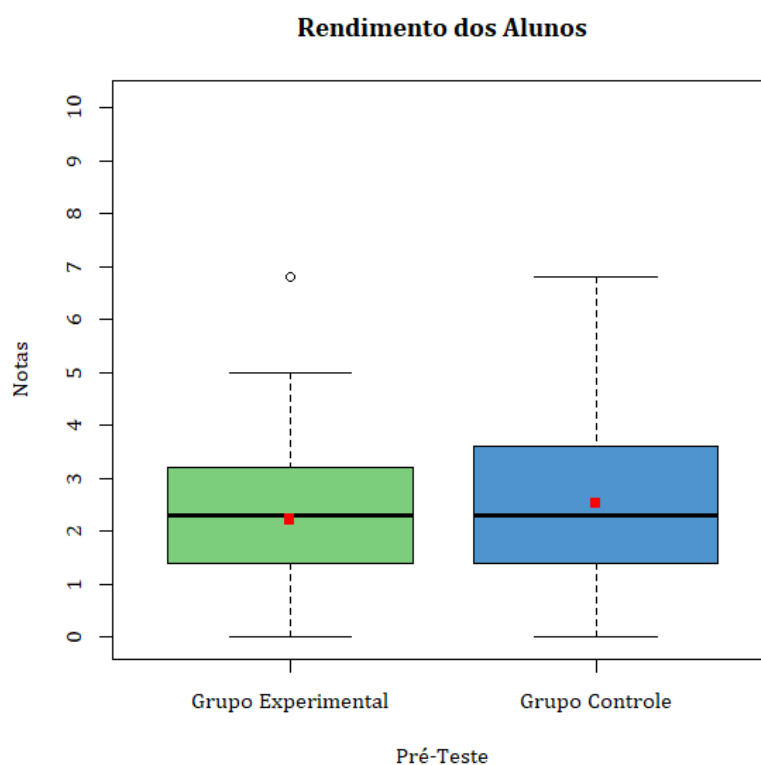
**Tabela 4.8:** *Rendimento dos alunos que responderam tanto o Pré e o Pós-teste nos grupos Experimental e Controle*

| Momento   | Grupo        | Média | DP*  | N** | p-valor |
|-----------|--------------|-------|------|-----|---------|
| Pré-Teste | Controle     | 2,53  | 1,68 | 62  | 0,4205  |
|           | Experimental | 2,21  | 1,33 | 59  |         |
| Pós-Teste | Controle     | 2,55  | 2,04 | 62  | 0,0004  |
|           | Experimental | 3,73  | 1,96 | 59  |         |

A partir desses resultados foi construído um Diagrama de caixas (em inglês: *Box-plot*), buscando uma melhor visualização do comportamento das notas obtidas pelos alunos.

Segundo Silva (2015), box-plot é um gráfico estático que apresenta os dados divididos em quartis. Quartis são valores que dividem os dados ordenados em quatro grupos com aproximadamente 25% dos valores em cada grupo. Nos box-plot apresentados neste trabalho, a linha preta contínua representa a mediana e o quadrado vermelho representa a média do conjunto de dados representado.

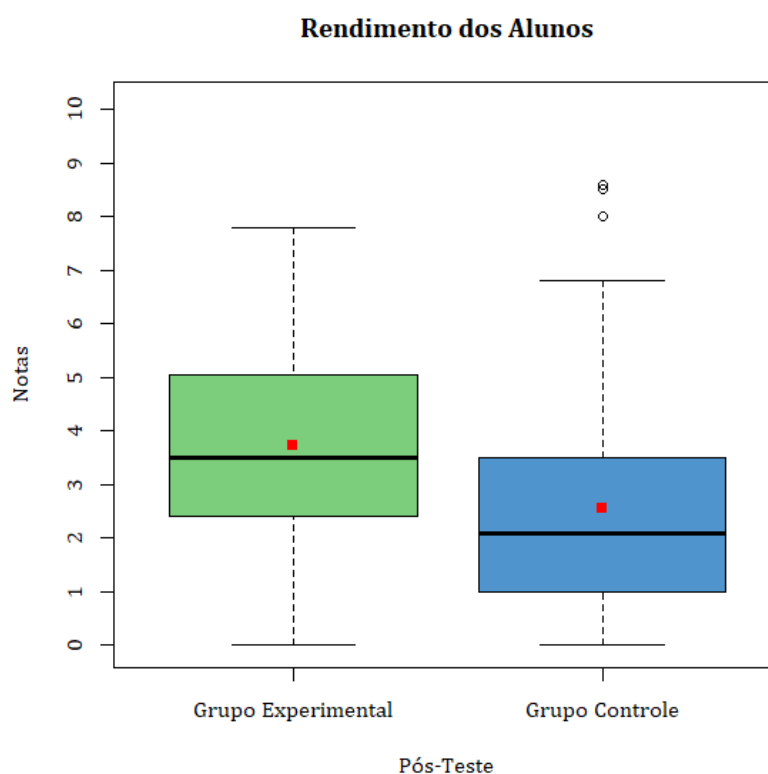
Na Figura 4.1 é apresentado os resultados do pré-teste para as turmas experimentais e controle, enquanto que o da Figura 4.2 mostra os resultados do pós-teste para estes mesmos dois grupos.

**Figura 4.1:** *Rendimento dos alunos dos grupos controle e experimental no pré-teste, onde a linha preta representa a mediana e o quadrado vermelho representa a média*

Primeiramente buscamos verificar se o grupo controle e o grupo experimental apresentavam uma diferença significativa de notas no pré-teste. Aplicamos então o teste *U de Mann-Whitney* com a hipótese nula “**o rendimento do grupo experimental e do grupo controle são iguais no pré-teste**”. Para a hipótese nula ser confirmada, é necessário encontrar um p-valor maior ou igual a 0,05, caso contrário a hipótese nula é rejeitada.

O resultado do p-valor foi 0,4205, muito acima dos 5% (0,05), confirmando a hipótese nula, indicando que não há diferença significativa no rendimento no pré-teste entre os grupos experimental e controle. Esse resultado é positivo para a pesquisa, pois indica que ambos os grupos iniciaram as aulas sem grandes conhecimentos sobre o que ainda será estudado, ou seja, sugerindo que partiram do mesmo ponto.

Realizando novamente um teste *U de Mann-Whitney* para comparar as notas dos grupos experimental e controle no pós-teste encontramos o seguinte resultado:



**Figura 4.2:** Rendimento dos alunos dos grupos controle e experimental no pós-teste, onde a linha preta representa a mediana e o quadrado vermelho representa a média

Em seguida, aplicamos o teste de *U de Mann-Whitney* nas notas do pós-teste com a hipótese nula **“o rendimento do grupo experimental e do grupo controle são iguais no pós-teste”**.

O resultado do p-valor foi 0,0004449, muito menor que 5% (0,05), evidenciando uma diferença significativa entre as notas dos alunos dos grupos controle e experimental. Como os alunos do grupo experimental tiveram melhor rendimento, esse resultado é positivo para a pesquisa, pois possibilita especularmos que o tratamento experimental auxiliou os alunos a obterem maior aproveitamento na disciplina, principalmente por eles terem partido do mesmo nível, segundo a análise das notas no pré-teste.

Um rápido comentário sobre a distribuição das notas, nos permite observar que no grupo controle houveram notas acima de 7,0 apenas como *outsiders*, enquanto que no grupo experimental a distribuição destas notas está dentro do quartil mais alto de notas.

É necessário destacar que, embora o grupo experimental apresentou uma melhora no rendimento, partindo de uma média 2,21 no pré-teste e indo para 3,73 no pós-teste, essa melhora ainda está abaixo da média de aprovação, que é 6,0. Todavia, acreditamos que essa seja a melhora possível para esse grupo, dadas as condições em que o trabalho foi desenvolvido. Se observarmos o rendimento do grupo controle, encontramos 2,53 no pré-teste e 2,55 no pós-teste. Tudo indica que este grupo não apresentou evolução em relação a nota perante esses testes. Embora a melhora no grupo experimental tenha sido menor do que a média de aprovação, é uma melhora que justifica a intervenção, novamente levando-se em consideração as condições em que o estudo foi realizado, ou seja, os problemas enfrentados durante a aplicação do plano complementar, como alunos que necessitam trabalhar no contra turno, o que provoca desgaste, a organização da escola perante horário de entrada dos alunos, que possibilita que o aluno entre a qualquer horário nas aulas, fazendo com que os mesmos percam parte do conteúdo e a falta de cultura de estudo de parte dos alunos que participaram dessa pesquisa.

#### 4.4 – Questionário de Opinião

Analisando o questionário de opinião dos alunos, que pode ser encontrado no apêndice C, foi possível ter um importante feedback em relação a prática do professor, assim como em relação ao que os alunos acharam sobre o Plano Complementar. Segue os dados dos grupos experimental e controle, que foram agrupadas com o objetivo de sintetizar as respostas.

**Pergunta 01** – Com relação às aulas sobre **Eletrostática**, gostaria de saber do que você **MAIS gostou** e por quê?

O que eu mais gostei foi ...

**Tabela 4.9:** Classificação percentual de categorias de atividades que os alunos “mais gostaram”.

| <b>Categoria</b>   | <b>Grupo Controle</b> | <b>Grupo Experimental</b> |
|--|-----------------------|---------------------------|
| Mencionaram aprender a matéria, parte teoria e utilidade dos conteúdos             | 33,3%                 | 17,0%                     |
| Mencionaram aulas experimentais e/ou com recursos multimídia e/ou aulas diferentes | 8,8%                  | 26,4%                     |
| Mencionaram as “plaquinhas”  | 7,0%                  | 7,5%                      |
| Mencionaram o trabalho trimestral  | 7,0%                  | 9,4%                      |
| Mencionaram gostar de tudo   | 5,3%                  | 5,7%                      |
| Mencionaram não gostar de nada   | 3,5%                  | 15,1%                     |
| Mencionaram a atitude do professor e/ou método avaliativo                          | 5,3%                  | 1,9%                      |
| Em branco  | 29,8%                 | 17,0%                     |

Olhando os resultados da Tabela 4.9 podemos notar que no grupo experimental, o que os alunos mais gostaram foram atividades experimentais (26,4%). Já no grupo controle, esse item não foi tão citado (8,8%). No grupo controle, o item mais citado foi relativo a aprenderem a matéria (33,3%), enquanto no grupo experimental esse item teve (17,0%). Isso parece indicar que o maior ganho que o grupo controle foi apenas entender uma parte da Física. Olhando também o percentual de alunos que deixaram essa pergunta em branco, podemos ver que 29,8% dos alunos do grupo controle não quiseram expressar opinião relativas a primeira pergunta, o que parece indicar uma provável dúvida em relação ao que eles gostaram ou mesmo se gostaram de alguma coisa relativa a aplicação do Plano Complementar. Já no grupo experimental, esse percentual cai quase pela metade (17,0%).

Vale ressaltar que as aulas no grupo controle não contemplavam atividades experimentais.

**Pergunta 02** – Com relação às aulas sobre **Eletrostática**, gostaria de saber do que você **MENOS** gostou e por quê?

O que eu menos gostei foi ...

**Tabela 4.10:** Classificação percentual de categorias de atividades que os alunos “menos gostaram”.

| <b>Categoria</b>  | <b>Grupo Controle</b> | <b>Grupo Experimental</b> |
|---|-----------------------|---------------------------|
| Mencionaram “Tudo”, “Não aprendi” ou “Falta de Clareza”     | 20,4%                 | 20,4%                     |
| Mencionaram deveres, contas, cálculos, teorias e fórmulas.  | 22,4%                 | 24,5%                     |
| Mencionaram a atitude do professor e/ou método avaliativo   | 6,1%                  | 10,2%                     |
| Mencionaram “Nada”  | 2,0%                  | 6,1%                      |
| Em Branco   | 34,7%                 | 24,5%                     |
| Outros (Atitude dos alunos, fim dos slides, uso dos slides) | 14,3%                 | 14,3%                     |

Percebemos através da Tabela 4.10 que o que mais incomodou os alunos foram as partes matemáticas do conteúdo, sendo 22,4% para o grupo controle e 24,5% para o grupo experimental. Além disso, os grupos controle e experimental mostraram igual percentual de respostas nas categorias ‘Mencionaram “Tudo”, “Não aprendi” ou “Falta de Clareza”’ e na categoria “Outros”.

**Pergunta 03** – Você viu algum tipo de utilidade em estudar este assunto de **Eletrostática**?

**Tabela 4.11:** Quantitativo de alunos que viram utilidade no estudo do assunto de Eletrostática.

| <b>Grupo Controle</b> |                  |             |              |                  | <b>Grupo Experimental</b> |                  |             |             |                  |
|-----------------------|------------------|-------------|--------------|------------------|---------------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|
|                       | <b>Nº Alunos</b> | <b>Sim</b>  | <b>Não</b>   | <b>Em Branco</b> |                           | <b>Nº Alunos</b> | <b>Sim</b>  | <b>Não</b>  | <b>Em Branco</b> |
| <b>3M1</b>            | 29               | 18<br>(62%) | 05<br>(17%)  | 06<br>(21%)      | <b>3V1</b>                | 35               | 25<br>(71%) | 05<br>(14%) | 05<br>(14%)      |
| <b>3M2</b>            | 25               | 17<br>(68%) | 02<br>(8,0%) | 06<br>(24%)      | <b>3V2</b>                | 23               | 18<br>(78%) | 05<br>(22%) | 00<br>(0,0%)     |

Os resultados mostram que a maioria dos alunos acredita que foi útil estudar o conteúdo de Eletrostática, o que vai contra a realidade que se encontra nas escolas, onde os alunos acreditam ou que a Física é inútil ou que só serve para passar nos vestibulares como vemos em Fernandes & Filgueira (2009).

No grupo controle, dos 7 alunos que não viram utilidade em estudar o conteúdo, 03 não escrevem o porquê não viram utilidade, 02 indicaram que não viram utilidade por não entender e 02 indicaram que não se esforçaram para estudar.

No grupo experimental, dos 09 alunos que não viram utilidade em estudar o conteúdo, 05 não escreveram o porquê não viram utilidade, 02 indicaram não gostar da disciplina Física, 02 indicaram que não viram como aquele conteúdo agregaria algo em sua vida e 02 indicaram que não viram utilidade por não entender.

**Pergunta 04** – Você viu alguma vantagem em realizar o **Teatro/Vídeo de Física**, no ponto de vista do seu aprendizado?

**Tabela 4.12:** Quantitativo de alunos que viu vantagem no trabalho trimestral.

| Grupo Controle |           |             |             |             | Grupo Experimental |           |             |             |             |
|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
|                | Nº Alunos | Sim         | Não         | Em Branco   |                    | Nº Alunos | Sim         | Não         | Em Branco   |
| <b>3M1</b>     | 29        | 27<br>(93%) | 02<br>(07%) | 00<br>(0%)  | <b>3V1</b>         | 35        | 25<br>(71%) | 04<br>(11%) | 06<br>(18%) |
| <b>3M2</b>     | 25        | 20<br>(80%) | 01<br>(5%)  | 04<br>(15%) | <b>3V2</b>         | 22        | 18<br>(82%) | 04<br>(18%) | 00<br>(0%)  |

Antes de comentar esses resultados, vale ressaltar que o trabalho trimestral proposto aos alunos, foi baseando na orientação de Bzuneck (2010) que diz que as tarefas devem ser estimulantes e precisam ter a característica de desafios. Partindo dessa perspectiva, os alunos foram desafiados a promoverem a produção de um Teatro (Grupo Experimental) ou um vídeo (Grupo Controle) sobre conteúdos da Física. Um exemplo de Teatro produzido pelos alunos pode ser visto na Figura 4.3 a seguir. As orientações sobre como deveriam produzir esse trabalho pode ser vista no apêndice F. É interessante frisar, que algumas informações naquelas orientações foram modificadas devido a dinâmica da sala de aula e da escola como um todo. As informações que foram modificadas foram o valor do trabalho, que originalmente foi planejado para 6 pontos (20% da nota do trimestre) e foi aumentado para 10 pontos (33% da nota do trimestre), as datas de apresentação foram adiadas e foi retirado o tempo máximo de apresentação. Observando os resultados vemos então que a maioria dos alunos gostou do trabalho trimestral. Alguns alunos usaram frases como:

*“Sim, consegui aprender melhor, pela dificuldade ao gravar o vídeo e ter que repetir várias vezes até sair de forma agradável.”* (Aluno do grupo controle)

*“Sim, pois a forma de aprendizagem se mostra mais interessante ao aluno.”* (Aluno do grupo experimental)

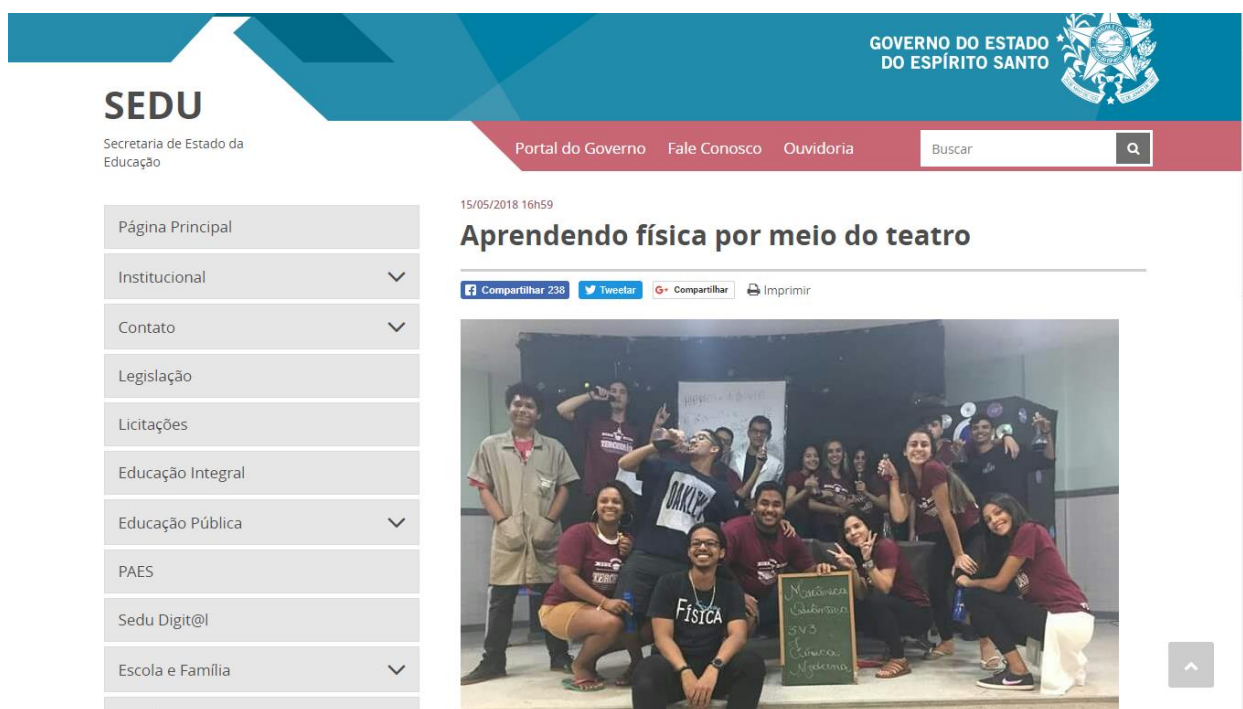
*“Acho trabalhos melhores que provas. Formas diferentes de aprender a matéria.”* (Aluno do grupo experimental)

Esses resultados parecem estar em consonância com a Teoria da Motivação de Bzuneck (2010), quando confirma que uma estratégia de ensino diferenciada promove um maior envolvimento dos alunos nas atividades de aprendizagem.



**Figura 4.3:** Apresentação de um dos grupos do grupo experimental, com o tema “O Desenvolvimento da Física Moderna”. Fonte: do próprio autor.

Além disso, é interessante frisar que o professor continuou a utilizar esse trabalho trimestral no ano seguinte, e foi muito bem recebido pela escola, tendo até uma matéria sobre este trabalho publicado no site da Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo (SEDU), como pode ser observado a seguir na Figura 4.4, obtida a partir de um *print* da página da Secretaria onde a matéria foi publicada. Que pode ser acessada em: <http://sedu.es.gov.br/Not%C3%ADcia/aprendendo-fisica-por-meio-do-teatro>.



**Figura 4.4:** Captura de Tela da matéria publicada no site da SEDU sobre o Teatro de Física. Fonte: <http://sedu.es.gov.br/Not%C3%ADcia/aprendendo-fisica-por-meio-do-teatro>.

**Pergunta 05** – Dê sugestões de “coisas” que poderiam mudar para melhorar o seu aprendizado e o aproveitamento das aulas no próximo trimestre.

**Tabela 4.13:** Percentual de sugestões dos alunos sobre o que poderia melhorar.

| <b>Categoria</b>  | <b>Grupo Controle</b> | <b>Grupo Experimental</b> |
|---|-----------------------|---------------------------|
| Mencionaram método avaliativo   | 25,93                 | 27,27                     |
| Mencionaram uso de slides, experimentos e “plaquinhas”                              | 29,63                 | 10,91                     |
| Mencionaram “diminuir o ritmo”, método de ensino, sem uso de slides e aula de campo | 31,48                 | 40,00                     |
| Em Branco ou “Nada”   | 12,96                 | 18,18                     |

Ao analisar a Tabela 4.13, vemos que os alunos não chegaram a um consenso sobre o que poderia melhorar, pois falaram várias opiniões bem distintas e as vezes controversas. Vemos também que uma das maiores cobranças dos alunos é que tenha aulas com recursos diversificados, como aulas experimentais, sempre que possível.

Em momentos posteriores a aplicação do Plano Complementar, o professor-mestrando buscou utilizar atividades experimentais, sempre que possível, em todas suas turmas. O método avaliativo do segundo e do terceiro trimestre foi negociado com os alunos, de maneira a encontrar alternativas que pudessem agradar aos alunos e que fossem possíveis de serem implementadas pelo professor.



Quanto ao uso de “slides”, que alguns alunos gostaram e outros não, seu uso foi reduzido, porém não completamente abandonado. Algumas aulas o professor-mestrando utilizava do recurso do projetor para mostrar outros simuladores ou vídeos e em outras aulas, a exposição se dava através do quadro e/ou uso de experimentos.

Outra cobrança dos alunos foi aulas de campo. O professor-mestrando levou suas turmas ao Planetário de Vitória e a I Mostra de Ciências da UFES para aulas de campo, com objetivos pedagógicos bem traçados.

#### 4.5 – Anotações, Comentários e Avaliações do Professor

Nessa sessão, será feito uma descrição detalhada das aulas ministradas durante a aplicação do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto (Tabela 3.1). Sempre que for conveniente, será feito comentários críticos sobre as aulas, a fim de realizar uma auto avaliação que permita melhorias em futuras aplicações do material.

O Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto apresenta a duração das atividades em aulas. Essas durações são apenas estimativas que eu tomei como base durante o planejamento inicial. Todavia, durante algumas atividades, foi necessária uma mudança no tempo de execução.

A primeira aula do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto foi para apresentação do professor e dar um panorama geral do que seria visto naquele ano na disciplina de Física, tendo um foco em especial com os conteúdos que seriam vistos no primeiro trimestre. Nessa aula, buscou-se apresentar aplicações da eletrostática, o mais próximo do cotidiano dos alunos. Essa aula foi planejada levando em consideração a sugestão de Bzuneck (2010) que ressalta a importância de mostrar **o significado e relevância das tarefas**. Segundo Eccles e Wigfield (2002, apud Bzuneck 2010), uma das maneiras de se mostrar o significado e relevância dos conteúdos é mostrar sua utilidade, sua aplicabilidade. Todas as aplicações utilizadas nessa aula podem ser vistas nos apêndices do Produto Educacional (Apêndice A do Produto).

Ainda sobre a primeira aula, é interessante pontuar que a maioria dos alunos de ambos os grupos prestou atenção. Alguns alunos acharam que aquela aula era enrolação minha. Os alunos não estavam acostumados com aulas diferenciadas, onde eles não precisavam copiar a matéria do quadro, principalmente no grupo controle.

Na segunda aula, foi planejada para ter três momentos distintos: a aplicação do questionário sobre as concepções iniciais (apêndice A), a primeira execução da sessão

intitulada “A utilidade da Física” e da sessão “Usando o Experimento com o Professor”. Na execução dessa aula, eu vi a necessidade de dividir essa aula em duas pois o primeiro momento, da aplicação do questionário, demandou um tempo muito maior do que o planejado. Os alunos de ambos os grupos se mostraram angustiados ao responderem o questionário, por não saberem as respostas. Porém, no grupo controle esse sentimento beirava a raiva, de ter que responder o questionário pois, os alunos não aceitavam o fato de terem que responder um questionário sobre uma matéria que eles nunca estudaram. Eu deixei claro para os alunos que o questionário não valia nota e mesmo assim eles ficavam nervosos para responder corretamente. Esse fato me mostrou que a cultura da escola onde o erro é sempre penalizado e não visto como uma etapa natural do processo de ensino aprendizagem, já estava enraizada na cabeça dos alunos. Outro fato que ocorreu foi que os alunos queriam discutir as questões com os colegas. Eu tentei limitar essa conversa ao máximo, mesmo tendo que ser ríspido.

Na terceira aula, ocorreu a primeira execução da sessão “Utilidade da Física”, onde mostrei um vídeo sobre o funcionamento da máquina fotocopadora, com o objetivo de explicitar uma aplicação prática dos conceitos básicos de eletrostática. Após a primeira reprodução do vídeo, o mesmo foi reproduzido novamente, com pausas para explicação sobre cada parte do vídeo. O objetivo desse vídeo não eram que os alunos assimilassem completamente como funciona a máquina fotocopadora, pois cada parte do seu funcionamento iria ser retomado em aulas futuras, fazendo referência a esse momento inicial, de maneira a promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa desse conhecimento. Ficou nítido que a maioria dos alunos não estavam acostumados ou no mínimo não gostavam de assistir vídeos legendados. Também levei um cilindro fotocondutor para ilustrar. Em nenhuma turma senti que a fotocopadora serviu como motivação para os alunos. Na 3V1, apenas dois alunos quiseram manipular o cilindro e na 3V2 o cilindro passou na mão de 3 alunos. No terceiro momento, foi realizado um experimento que contempla todas as três formas de eletrização. Por uma questão de tempo, foi visto apenas a eletrização por atrito e por contato nessa aula, embora o planejamento também contemplasse a eletrização por indução. Foi uma experiência enriquecedora para minha formação docente, pois, nunca tinha realizado atividades experimental nesse formato com os alunos. Os alunos gostaram muito da atividade e se empenharam. Existiam momentos que eles sabiam o resultado que deveria acontecer, mas não conseguiam executar o experimento. Tiveram alunos que vieram me elogiar

pela “aula diferente” por conta própria. Alguns alunos demonstraram um desconforto em ir para uma aula experimental sem ter estudado nenhum conteúdo do ano letivo. Como professor, essa parte foi incômoda.

A quarta aula apresenta três momentos: “Usando o Experimento com o Professor”, “A utilidade da Física” e uma exposição oral. No primeiro momento, foi solicitado aos alunos que realizassem o clássico experimento de eletrizar por atrito uma caneta no cabelo e aproximando de pedaços de papel, seguindo orientações que ditava na hora. Esse experimento já tinha sido visto pelos alunos no questionário sobre concepções iniciais na primeira aula. Essa abordagem recursiva desse experimento foi proposital, tentando promover a diferenciação progressiva. Com o mesmo objetivo, a sessão “A utilidade da Física” promoveu uma retomada ao problema da máquina fotocopadora, focando no cilindro fotocondutor e relacionando o que ocorre quando o cilindro atrai as partículas de toner com o experimento executado pelos alunos. O terceiro momento dessa aula constituiu de uma exposição oral sobre carga elétrica, partindo do que foi mostrando aos alunos, ou seja, partindo do que os alunos já conheciam para assim introduzir um novo conceito. O que eu não esperava era que os alunos se mostrassem felizes quando começou a aula expositiva. Acredito que isso se deve a finalmente estar dentro do formato das aulas que eles estavam acostumados.

A quinta aula começa com uma breve recapitulação do que foi visto pelos alunos e buscando uma consolidação dos conhecimentos, foi realizado a resolução de dois exercícios pelo professor, a execução de dois testes conceituais utilizando o método de Instrução pelos Colegas e em seguida, foi solicitado que os alunos executassem 3 exercícios do Livro Texto. Quanto a aplicação do Instrução pelos Colegas, é necessário comentar que os alunos amaram, nesse e em todos os outros momentos do método, mesmo os do grupo controle, onde o método era aplicado de maneira incompleta. O momento favorito dos alunos do grupo experimental era o momento de convencer os colegas. Muitas vezes era difícil acalmar os ânimos dos alunos nas discussões. Como professor, esse é um método que adotarei para minha prática docente, pois os alunos conseguem aprender enquanto se divertem, pois, para eles é um jogo.

A sexta aula iniciou-se com a resolução dos exercícios propostos aos alunos na aula anterior, seguida de uma exposição oral sobre atração e repulsão de corpos eletricamente carregados. Buscando partir de algo que os alunos já conheciam, foi retomado verbalmente os experimentos praticados e também foi realizado uma analogia

com atração e repulsão de ímãs. Em sequência foi aplicado alguns testes conceituais para promover a negociação de significados sobre o conteúdo recém exposto. Em sequência, a aula prosseguiu com a exposição sobre condutores e isolantes elétricos. A aula foi finalizada com a solicitação para que os alunos realizassem 1 exercício do Livro-Texto.

A sétima aula iniciou com a resolução do exercício proposto aos alunos na aula anterior. Em sequência, se deu a exposição sobre os processos de eletrização. Para realizar essa explicação, o professor sempre retomava ao primeiro experimento executados pelos alunos. Essas retomadas se baseiam na Teoria da Aprendizagem Significativa, que afirma que o aprendizado é um processo de avanços e retrocessos (GUIMARÃES, 2016; MOREIRA, 2012; MOREIRA, 2015). Além disso, ocorreu a aplicação de testes conceituais pelo método de Instrução pelos Colegas aos alunos.

A oitava aula é análoga a quarta aula, na perspectiva que foi planejada como mais um momento de consolidação dos conhecimentos através da resolução de exercícios. Nessa aula, um diferencial em relação a quarta aula foi o incentivo dado pelo professor que os alunos resolvessem os exercícios em dupla, tentando promover assim uma negociação de significados entre os pares.

A nova aula foi sobre Força eletrostática. Antes de começar o conteúdo do planejado para esta aula, eu corriji os exercícios da aula anterior. Novamente, antes da exposição do conteúdo, realizamos um experimento, o cabo de guerra eletrostático. Após a execução do experimento, que contou com perguntas antes e depois, foi dada a explicação do conteúdo, tentando sempre partir do fenômeno e indo para o conceito.

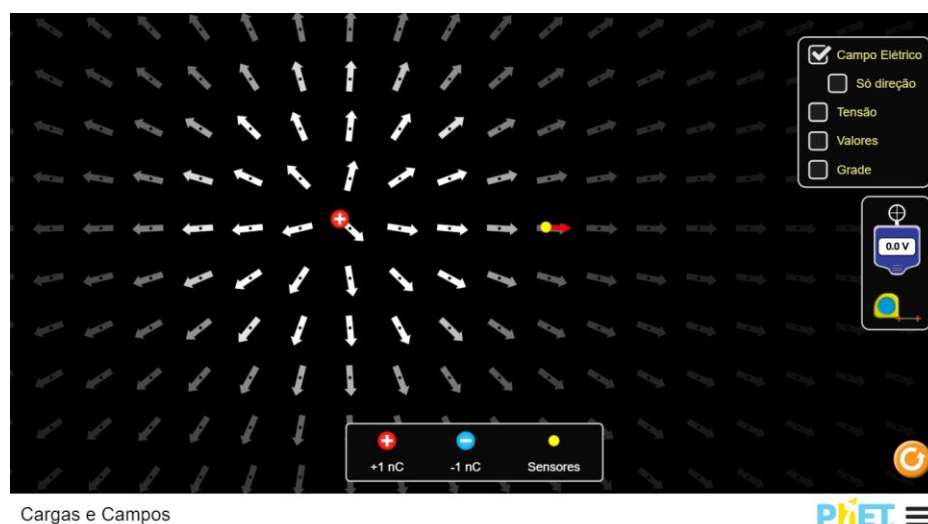
A décima aula começou com uma retomada verbal do experimento e a partir dessa retomada, foi feita a exposição sobre o conceito de força elétrica. Tentei contextualizar explicando o experimento original de Coulomb e não apenas jogando a equação matemática aos alunos. Em sequência, como forma de consolidar o conhecimento, foi realizado dois testes conceituais. Ainda nessa aula, ocorreu também uma retomada na sessão “A utilidade da Física” para promover um fechamento sobre o funcionamento da máquina fotocopadora.

A décima primeira e a décima segunda aula foram de resolução de exercícios para consolidar os conhecimentos adquiridos. A décima primeira aula foi voltada para resolução de exercícios sobre Força Elétrica e a décima segunda aula contou com

exercícios sobre todo o capítulo. Com isso, o primeiro capítulo do livro-texto tinha sido concluído.

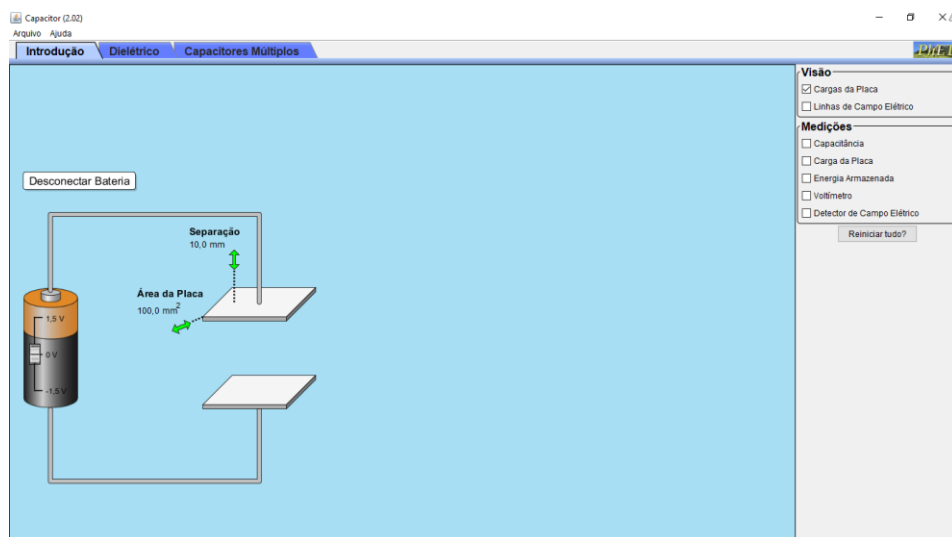
A décima terceira aula foi a aula que se iniciava o segundo capítulo do Livro-Texto sobre Campo Elétrico. Antes de qualquer contato formal com o conteúdo, os alunos foram levados ao laboratório de ciências da escola e desafiados a fazerem o telefone celular perca o sinal da operadora (Blindagem eletrostática). Esta atividade, se baseou na recomendação da teoria da motivação, no aspecto que ressalta que é importante passar tarefas escolares desafiadoras aos alunos. Esta atividade gerou discursões interessantes. Os alunos encontraram soluções que eu não imaginava, como por o celular embaixo de uma cadeira com pernas de ferro ou mesmo colocar o celular dentro da pia de alumínio do laboratório. Além disso, os alunos ficaram com uma dúvida se colocassem o celular dentro da água, o efeito não seria o mesmo. Na mesma hora, arranjei um saco plástico e testei com os alunos a hipótese deles.

Na décima quarta aula, teve vários pequenos momentos em apenas uma aula. O primeiro momento eu tentei fazer analogias com ideias primitivas de campos que os alunos já conheciam, para a partir desses conhecimentos introduzir a ideia de campo elétrico. Para tentar acessar esses conhecimentos prévios, eu lancei questionamentos do tipo: “O que é Peso? ”, “Como podemos verificar se um objeto possui Peso? ” “Tudo que tem massa, tem peso? ” e perguntas análogas sobre força magnética. A partir dessas analogias, foi exposto uma breve conceituação do que seria o campo elétrico e seguiu-se a apresentação de um simulador computacional, com o objetivo de consolidar os conhecimentos utilizando diferentes recursos. Em sequência, eu fiz um exercício numérico para mostrar a aplicação das equações envolvendo campo elétrico. A aula continuou com uma breve explicação sobre linhas de campo e foi finalizada com duas questões conceituais sobre o conteúdo.



**Figura 4.5:** Simulador do Phet Colorado usado na décima quarta aula

Na décima quinta aula, foi tratado campo elétrico uniforme. Para explicar esse conteúdo, utilizamos dos pressupostos da Aprendizagem Significativa e da Motivação e partimos de algo concreto, que foi o capacitor. Além disso, também foi utilizado outro simulador computacional do *Phet Colorado*. Partindo da aplicação prática do capacitor, foi falado suas aplicações e então se construiu o conceito de campo elétrico uniforme. Nessa aula também foi falado sobre campo elétrico dentro de um capacitor.



**Figura 4.6:** Simulador do Phet Colorado usado na décima quinta aula

Na décima sexta aula, que abordava a densidade superficial de cargas e o poder das pontas, iniciei a aula tratando sobre o para-raios. O início da aula foi um diálogo com os alunos tentando sondar se eles sabiam como funciona, se eles sabiam para que servia as extremidades pontiagudas e porque os para-raios sempre são instalados tão alto. A partir dessas perguntas, aconteceu um debate nas turmas e a partir das respostas dos

alunos, fui guiando a conversa a um ponto onde pudesse introduzir os conceitos chaves da aula. Após conseguir conceituar densidade superficial de cargas e o poder das pontas, passei alguns exercícios do livro para consolidar os conhecimentos dos alunos.

As três últimas aulas foram para apresentação dos Teatros. No momento que foi passado esse trabalho trimestral aos alunos, a maioria dos alunos se mostrou desanimado para a realização do mesmo. Foi excessivamente cansativo para mim e para os alunos preparar esses teatros, mas foi uma das minhas experiências mais satisfatórias como professor. Tiveram apresentações ruins, mas a maioria foi boa e algumas foram excepcionais. Independente da qualidade das apresentações, os alunos estavam com uma sensação de dever cumprido e radiando felicidade. Nunca havia visto tanta felicidade nos olhos de alunos quando relacionado a disciplina de Física. O trabalho/desafio para os alunos se tornou um método avaliativo que levarei na minha carreira.

Além disso, acho válido citar que existiram alunos que vieram reclamar do uso de projetor para passar alguns conteúdos. Nisso percebi que os alunos ainda sentiam a necessidade “copiar no caderno” tudo que era passado. Mesmo eu disponibilizando todo o material utilizado em um site pessoal, um pequeno grupo de alunos demoraram a se adaptar. Porém, no fim consegui algum avanço nesse aspecto.

Nas aulas de exercícios, não havia diferença de desempenho entre os alunos do grupo controle e do grupo experimental. Além disso, uma dificuldade encontrada durante a aplicação do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto foi a falta de compromisso dos alunos levarem o livro-texto.

Em todas as aulas experimentais, todos os alunos se envolviam, mesmo as atividades não sendo pontuadas. Mesmo os alunos que nunca produziam, nessas aulas se enturmavam.

## Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações

### 5.1 – Conclusões

O objetivo da presente dissertação foi elaborar um Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto sobre eletrostática, baseado nos pressupostos da Aprendizagem Significativa, e avaliar os impactos da sua aplicação em sala de aula no desempenho dos estudantes da terceira série do Ensino Médio.

Neste capítulo apresentaremos as considerações do trabalho e também sugestões de melhorias e de correções em algumas lacunas observadas ao longo de sua implementação, para orientar a realização de trabalhos futuros que utilizem os mesmos pressupostos.

Para apresentar as principais conclusões, vamos retomar os objetivos específicos descritos na seção 4.1 deste trabalho que estão transcritos abaixo para facilitar sua visualização:

1. Usar os resultados do Pré e Pós Teste das Turmas Experimental e Controle para avaliar o desempenho dos estudantes nos conteúdos abordados;
2. Analisar a opinião dos estudantes sobre a aplicação do Plano Complementar, visando identificar pontos positivos e negativos que possam subsidiar melhorias no material desenvolvido;
3. Analisar o diário de bordo do professor-mestrando do Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto, visando subsidiar melhorias em futuras aplicações desta proposta, seja pelo próprio autor ou outros interessados.

Cada objetivo específico se apresenta como uma ação necessária a ser realizada ao longo deste trabalho. Portanto, as conclusões apresentadas refletem o resultado destas ações.

O teste estatístico *U de Mann-Whitney* utilizado para avaliar diferenças no **desempenho** dos alunos mostraram que o Grupo Controle e o Grupo Experimental apresentaram o mesmo rendimento. Porém, no Pós-teste, os resultados indicaram uma melhora no rendimento dos alunos do Grupo Experimental se comparados aos alunos do Grupo Controle, sendo comprovada uma diferença estatisticamente significativa entre as médias dos dois grupos. Porém, mesmo com a melhora no rendimento do grupo experimental, ambos os grupos estão abaixo da média no pré-teste e no pós-teste, se



considerarmos a média de aprovação da escola, que é 6,0. Todavia, o grupo controle não apresentou melhora no rendimento de sua média. A aplicação do Plano Complementar parece ter resultado na melhora que foi possível para aquele grupo de alunos, levando-se em consideração as condições em que o estudo foi realizado, ou seja, os problemas enfrentados durante a aplicação do plano complementar, como alunos que necessitam trabalhar no contra turno, o que provoca desgaste, a organização da escola perante horário de entrada dos alunos, que possibilita que o aluno entre a qualquer horário nas aulas, fazendo com que os mesmos percam parte do conteúdo e a falta de cultura de estudo de parte dos alunos que participaram dessa pesquisa.

Os resultados do Pós-Teste se comparado ao Pré-Teste é um indício de que o Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto contribuiu para a aprendizagem dos alunos. Porém, essa ainda é uma contribuição modesta que precisa ser melhorada, com novas metodologias ativas, por exemplo.

Analisando o **questionário de opinião** dos alunos, podemos ver indícios que o uso de recursos multimídias e atividades experimentais são do agrado dos estudantes e os mesmos indicam querer que essa metodologia continue. Além disso, uma confirmação já esperada surgiu nesse questionário, que o ponto que os alunos menos gostam de ambos os grupos são os assuntos relacionados a Eletrostática que envolvem formulações matemáticas. Foi interessante constatar que ambos os grupos enxergaram utilidade no estudo de Eletrostática e que ambos os grupos enxergaram vantagem em realizar o Teatro/Vídeo.

Analisando as **anotações do professor**, podemos verificar que o tempo de duração das atividades deve ser maleável no momento da execução. Um exemplo disso foi a aplicação do pré-teste. A aula introdutória mostrando a utilidade dos conteúdos teve uma boa recepção por parte dos alunos, onde eles participavam ativamente. Mesmo aqueles que não faziam perguntas ou comentários, mostravam interesse na aula.

É interessante ressaltar que as atividades experimentais conseguiam envolver todos os alunos, mesmo não sendo atividades avaliativas. Nessas aulas ocorreram elaboração de hipóteses, testes e análise dos resultados encontrados, mesmo que apenas qualitativos.

Para aplicações futuras do material, é necessário repensar o uso da máquina fotocopidora como aplicação motivadora. Embora o professor tenha levado vídeos e

também partes da fotocopadora, esta se mostrou ineficaz para motivar esse grupo específico de alunos.

Outra dificuldade identificada através das questões que os alunos mais erraram no **Pós-Teste** e através das **anotações do professor** é que o Plano Complementar se mostrou pouco eficaz na evolução dos alunos quanto a parte matemática da Eletrostática. Para corrigir essa deficiência, é necessário pensar em outras abordagens.

O uso de simuladores computacionais foi bem recebida pelos alunos. Na aplicação do Plano Complementar, todos os momentos que os simuladores eram utilizados, foram demonstrativos, ou seja, o professor manipulava o simulador e dialogava. Porém, acredito que caso fosse possível permitir a manipulação do simulador pelos próprios alunos, o ganho seria bem maior.

Um dos melhores momentos para o professor e para os alunos foi o **Teatro**. O uso de desafios que a teoria da motivação de Bzuneck (2010) indica se mostrou extremamente eficaz nessa atividade. No ano seguinte a aplicação para a coleta de dados dessa dissertação, o professor reaplicou o Plano Complementar, incluindo o desenvolvimento do Teatro por parte dos alunos e novamente, surtiu bons resultados aos alunos e ao professor. Além disso, houve um reconhecimento do trabalho do professor ao aparecer em uma matéria no site da Secretaria de Estado de Educação.

O uso do método **Instrução pelos Colegas** (Araújo e Mazur, 2013), se mostrou uma excelente ferramenta motivacional para os alunos, mesmo que esse não seja o objetivo do método. Além disso, o uso dessa estratégia para promover a negociação de significados por partes dos alunos parece ser uma boa alternativa.

## 5.2 – Trabalhos Futuros

Ao longo da implementação do Plano Complementar de Atividades chamamos a atenção para alguns aspectos que podem proporcionar melhores resultados em trabalhos futuros. Podemos citar:

- Repensar os exemplos motivacionais sobre aplicação da eletrostática, tentando alcançar o cotidiano dos alunos. Por exemplo, levar aos alunos um para-raios e/ou desmontar uma máquina-fotocopiadora com eles.
- Permitir a manipulação direta dos alunos aos simuladores computacionais.
- Pensar em métodos para melhorar as habilidades de manipulação matemática dos alunos referentes as equações.

- Utilizar pequenos textos com temas que estejam ligados ao cotidiano dos alunos ao longo do Plano Complementar de Atividades, se possível através do método de Ensino sob Medida (Araújo e Mazur, 2013).

### 5.3 – Relato Pessoal

A jornada que foi esse Mestrado foi uma das coisas mais difíceis da minha vida. Eram para ser dois longos anos e acabaram sendo três. Nesses três anos, deixei de ser um professor em Designação Temporária (DT) e fui aprovado em dois concursos públicos para ser professor efetivo da Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo (SEDU). Conclui uma pós-graduação *lato senso* em Informática na Educação e um curso técnico profissionalizante. Tive problemas de saúde de pessoa da família que me atrasaram na conclusão do Mestrado. Mas além de tudo isso, pude aprender a ser professor.

No Mestrado pude aprender a refletir criticamente sobre minha prática docente, principalmente no “para que o meu aluno precisa aprender isso?”. Aprendi a abandonar o pensando de “ensinar porque está no currículo” e tive que aprender a ensinar, motivando o aluno a querer aprender aquele conteúdo, com uma motivação além de simplesmente “passar de ano”.

Aprendi a importância da experimentação no Ensino de Física. Visualizar o fenômeno ocorrendo vale mais do que mil palavras ou 10 mil quadros cheios de palavras sem significado para o aluno.

Ganhei o conhecimento de metodologias ativas de ensino e aprendizagem que utilizarei durante o resto da minha carreira docente, como o Ensino sob Medida e a Instrução pelos Colegas. Além das orientações práticas de Ausubel sobre descobrir o que o aluno já sabe e o ensinar de acordo. É uma orientação aparentemente simples, porém, nem sempre é fácil mapear o que cada aluno já sabe e pode ser bastante trabalhoso remodelar suas aulas para os ensinar a partir daí. Trabalhoso, porém, necessário.

A partir desse Mestrado, ao pensar em algum conteúdo a ser ministrado, penso em qual experimento posso usar, em qual simulador pode colaborar o aprendizado dos meus alunos e sem perceber, já estou pensando em questões que poderia utilizar no método Instrução pelos Colegas.

Devo me lembrar que, embora o Mestrado se encerra, a formação enquanto professor não se finda. Mesmo sem estudos formais, a sala de aula sempre irá me apresentar

desafios que precisarei enfrentar. Os alunos me abordarão com dúvidas que nunca pensei sobre, sobre pontos de vistas nunca antes considerados e dificuldades que nunca vivenciei. Para todas essas situações, precisarei estudar sobre o assunto e sobre como passar o assunto, ou seja, precisarei estudar Física e como Ensinar a Física. A formação continua, enquanto a minha docência continuar.

Eu melhorei como professor e eu me iniciei como pesquisador. É necessário testar hipóteses para poder afirmar o que funciona ou não funciona. Continuarei a testar novas tecnologias educacionais, novas metodologias ativas, a fim de sempre atingir o meu melhor na condição que tenho, enquanto não tiver condições melhores para fazer melhor ainda.

## Capítulo 6 – Referências Bibliográficas

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, UFSC, Santa Catarina, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. (Org.). **Motivação para aprender: Aplicações no contexto educativo**. Petrópolis: Editora Vozes, 2010. p. 13-42.

CAÑETE, L. S. C. **O diário de bordo como instrumento de reflexão crítica da prática do professor**. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2010.

CAVENAGHI, A. R. A.; BZUNECK, J. A. A motivação de alunos adolescentes enquanto desafio na formação do professor. In: **IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia**, 2009. Disponível em: <[http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/1968\\_1189.pdf](http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/1968_1189.pdf)> Acesso em 29 de abril de 2016.

FERNANDES, S. A. FILGUEIRA, V. G. Por que ensinar e por que estudar física? O que pensam os futuros professores e os estudantes do ensino médio? In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009, Vitória. Anais do XVIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2009.

GASPAR, A. A prática experimental orientada pela teoria de Vigostki. In: GASPAR, A (Org.). **Atividades experimentais no ensino de Física**. São Paulo, Livraria da Física, 2014. p. 209-241.

GUIMARÃES, A. B. **Atividades para o Ensino do Conceito de Quantidade de Movimento para Alunos do Ensino Médio**. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Física, 2016.

GUIMARÃES, S. E. R.; BZUNECK, J. A. Propriedades psicométricas de uma medida de avaliação da motivação intrínseca e extrínseca: um estudo exploratório. **Psico-USF**, v. 7, n. 1, p. 01-08 2002.

GUIMARÃES S. E. R.; BORUCHOVITCH, E. O Estilo Motivacional do Professor e a Motivação Intrínseca dos Estudantes: Uma Perspectiva da Teoria da Autodeterminação. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 2004, 17(2), pp.143-150. São Paulo, 2004.

LUCKESI, C. C. Considerações gerais sobre avaliação no cotidiano escolar. In: **IP – Impressão Pedagógica**, publicação da Editora Gráfica Expoente, Curitiba, PR, nº 36, 2004, p. 4-6.

MOREIRA, M. A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa (Advanced organizers and meaningful learning). **Revista Chilena de Educación Científica**, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, p. 23-30. Revisado em 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: A Visão Clássica. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2009. p. 6-29. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2017.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 25 de junho de 2018.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. Pesquisa em Ensino: Métodos Quantitativos. In: MOREIRA, M. A. (Org.). **Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**. Porto Alegre: 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 24 de setembro de 2017.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

MOREIRA, M.A. (2012). ¿Al final qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, La Laguna, 25: 29-56.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 2015. p. 159-173.

MOTA, R. O. **O Ensino de Eletrostática em uma Perspectiva Investigativa: Analisando o Processo de Construção de Conhecimento Científico de Estudantes da 3ª Série do Ensino Médio do IFES Campus Linhares**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_10315\\_Disserta%E7%E3o\\_Rovilson\\_Final.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_10315_Disserta%E7%E3o_Rovilson_Final.pdf)>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

MUNIZ, R. O. **Elaboração e Avaliação de um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa: Estudo de Transformações de Energia com o Uso de uma Maquete**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_9924\\_Disserta%E7%E3o%20do%20aluno%20Rafael%20Oliari%20Muniz.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_9924_Disserta%E7%E3o%20do%20aluno%20Rafael%20Oliari%20Muniz.pdf)>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

PAEBES. Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo da SEDU. 2011. Disponível em: <<http://www.paebes.caeduff.net/resultados/resultados-por-escola/>>. Acesso em: 15 de abril de 2018.

PAEBES. Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo da SEDU. 2013. Disponível em: <<http://www.paebes.caeduff.net/resultados/resultados-por-escola/>>. Acesso em: 15 de abril de 2018.

PAEBES. Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo da SEDU. 2015. Disponível em: <<http://www.paebes.caeduff.net/resultados/resultados-por-escola/>>. Acesso em: 15 de abril de 2018.

PAEBES. Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo da SEDU. 2017. Disponível em: <<http://www.paebes.caeduff.net/resultados/resultados-por-escola/>>. Acesso em: 15 de abril de 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). 2016.

PEREIRA, V. O. **Elaboração e Avaliação de um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para o Ensino das Leis de Newton e de Tópicos de Cinemática no Ensino Médio**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em:

<[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_9920\\_Disserta%E7%E3o%20Vanessa%20de%20Oliveira%20Pereira%20%282%29.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_9920_Disserta%E7%E3o%20Vanessa%20de%20Oliveira%20Pereira%20%282%29.pdf)>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

R - Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

SILVA, Rogério Oliveira. **A Utilização de Um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para Aprendizizes-Marinheiros: Uma Introdução ao Estudo do Movimento dos Corpos**. Dissertação. Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo. UFES. Linhas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. 2015. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_8921\\_DISSERTA%C7%C3O%20COMPLETA\\_ROG%C9RIO%20OLIVEIRA%20SILVA%20%284%29.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_8921_DISSERTA%C7%C3O%20COMPLETA_ROG%C9RIO%20OLIVEIRA%20SILVA%20%284%29.pdf)>. Acesso em: 19 de julho de 2018.



# Apêndices

## Apêndice A

### Questionário de Opinião

Caro aluno, estou interessado em saber sua *opinião* sincera sobre as questões abaixo. Por isso, não existem respostas certas ou erradas. Além do mais, esse questionário deve ser respondido de modo anônimo.

**01** – Com relação às aulas sobre **Eletrostática**, gostaria de saber do que você MAIS gostou e porquê?

O que eu mais gostei foi...

Devido a ...

**02** – Com relação às aulas sobre **Eletrostática**, gostaria de saber do que você MENOS gostou e porquê?

O que eu menos gostei foi...

Devido a ...

**03** – Você viu algum tipo de utilidade em estudar este assunto de Eletrostática? ( ) Sim ( ) Não

Caso tenha respondido SIM, você poderia me citar algumas? Use o espaço abaixo.  
Caso tenha respondido NÃO, você poderia dizer porquê? Use o espaço abaixo.

**04** – Você viu alguma vantagem em realizar o **Teatro/Vídeo de Física**, no ponto de vista do seu aprendizado?

**05** – Dê sugestões de “coisas” que poderiam mudar para melhorar o seu aprendizado e o aproveitamento das aulas no próximo trimestre.

**Obrigado pelas respostas!**

## Apêndice B

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a),

Sou estudante do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Estou realizando uma pesquisa sob supervisão do professor *Dr. Giuseppi Gava Camiletti*.

*O objetivo geral desta pesquisa é ensinar os conceitos da Eletrostática, utilizando o livro-texto do professor, em conjunto com um plano complementar de atividades, utilizando recursos variados que possibilite um melhor aprendizado aos estudantes.*

Para essa pesquisa, será colhido alguns dados dos alunos através de questionários que abordam suas crenças, seus interesses e seus conhecimentos acerca de Física. Além disso, durante algumas aulas, poderão ser feitas algumas fotografias e filmagem, apenas para fins acadêmicos.

Caso não seja autorizada a utilização dos dados colhidos para a pesquisa de Mestrado, o aluno não será penalizado em nenhuma hipótese e continuará a participar da rotina normal da sala de aula, sendo apenas retirado seus dados da pesquisa.

Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pelo professor mestrando, Sanderley de Jesus Fernandes, na escola ou pelo e-mail: sandecoploft@gmail.com.

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_  
responsável pelo(a) aluno(a) \_\_\_\_\_  
declaro que fui igualmente informado(a) que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (elaboração de artigos científicos, palestras, seminários, trabalho de conclusão de curso, etc.) sem trazer a identificação do(a) aluno(a). Autorizo a utilização e publicação, somente para uso acadêmico, das fotos, filmagens e dados obtidos durante a participação do (a) aluno (a) na disciplina.

Vitória, \_\_\_\_\_ de Fevereiro de 2017

\_\_\_\_\_  
*Assinatura do Orientador*

\_\_\_\_\_  
*Assinatura do Pesquisador*

\_\_\_\_\_  
*Assinatura do responsável pelo aluno participante*

## **Apêndice C: Produto da Dissertação**

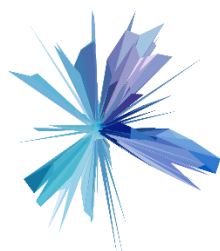
### **Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto**



# Plano Complementar de Atividades ao Livro-Texto Eletrostática

por  
Sanderley de Jesus Fernandes  
*sandecoploft@gmail.com*

sob a orientação de  
Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti  
*giuseppi.ufes@gmail.com*



**PPGE n Fis**  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

**Sanderley de Jesus Fernandes**

**Giuseppi Gava Camiletti**

**PLANO COMPLEMENTAR DE ATIVIDADES AO LIVRO-TEXTO**  
**ELETROSTÁTICA**

Vitória – ES  
Agosto – 2018

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Apresentação.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Plano de Ensino .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Carga Elétrica .....</b>  | <b>7</b>  |
| Aula 01 – Apresentação da disciplina, do Professor e do Conteúdo Programático.....   | 7         |
| Aula 02 – Pré-teste e Experimento dos copos .....  | 8         |
| Aula 03 – Carga elétrica.....  | 13        |
| Aula 04 – Carga elétrica.....  | 16        |
| Aula 05 – Princípios da Eletrostática e Condutores e Isolantes.....  | 17        |
| Aula 06 – Processos de Eletrização (Retomada) .....  | 20        |
| Aula 07 – Aula de Resolução de Exercícios.....   | 26        |
| Aula 08 – Força eletrostática .....  | 27        |
| Aula 09 – Força eletrostática .....  | 32        |
| Aula 10 – Aula de Exercícios .....   | 34        |
| <b>Campo Elétrico .....</b>  | <b>35</b> |
| Aula 11 – Desafio: fazer o celular parar de funcionar.....   | 35        |
| Aula 12 – Campo Elétrico .....   | 37        |
| Aula 13 – Capacitores, campo elétrico uniforme e campo elétrico de um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático..... | 41        |
| Aula 14 – Densidade Superficial de Cargas e Poder das Pontas .....   | 46        |
| Aula 15 – Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste) .....   | 48        |
| <b>Referências Bibliográficas .....</b>  | <b>49</b> |
| <b>Apêndice A - Aula de Visão Geral da Disciplina .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>Apêndice B - Orientações para o Trabalho Trimestral .....</b>   | <b>62</b> |
| <b>Apêndice C - Questionário sobre concepções iniciais (Pré-teste) .....</b>   | <b>64</b> |
| <b>Apêndice D - Funcionamento da Máquina Fotocopiadora .....</b>   | <b>66</b> |
| <b>Apêndice E - Formulário de Avaliação do Teatro.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>Apêndice F - Ficha de Notas do Teatro .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>Apêndice G - Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste) .....</b>   | <b>70</b> |

## Apresentação

Este Material Instrucional é parte de um trabalho de Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A proposta foi elaborar um produto que sirva de complemento ao livro-texto, ferramenta de trabalho do professor. Não foi o objetivo dos autores criar um material que substituísse o livro pois acreditam que reinventar a roda não é a melhor maneira de utilizar o (pouco) tempo livre dos professores.

Embora esse material tenha sido criado como complemento ao livro-texto utilizado pelo professor-mestrando na ocasião do desenvolvimento do mesmo, isso não inviabiliza sua utilização com outros livros, uma vez que a teoria é comum a todos. Em alguns pontos do material, tomou-se o cuidado de colocar parte da teoria para melhor guiar o professor, principalmente em algumas partes que podem não ser comum a alguns livros (como a teoria dos *quarks*).

Durante a elaboração desse material, se levou em consideração alguns pressupostos teóricos e metodológicos, para alcançar um processo de ensino e aprendizagem de qualidade. A saber, esses pressupostos foram a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e colaboradores (MOREIRA, 2015), complementada pelas sugestões práticas de José Aloyseo Bzuneck sobre como motivar os alunos e o método de ensino ativo de Eric Mazur e colaboradores (ARAÚJO & MAZUR, 2013), a Instrução pelos Colegas.

Foi utilizado uma aula inicial para mostrar aos alunos para que serve estudar a Física da terceira série do ensino médio, com especial enfoque na Eletrostática. Também utilizamos a máquina fotocopadora como aplicação prática dos fenômenos eletrostáticos do primeiro capítulo. No decorrer de todo material, sempre que julgamos conveniente, inserimos testes conceituais para realizar o método de instrução pelos Colegas a fim de possibilitar consolidação dos conhecimentos ensinados.

Este Plano Complementar foi aplicado em uma escola pública da cidade de Vitória-ES para turmas da terceira série do ensino médio. Como instrumento de coletas de dados para investigar a eficácia do material, se utilizou Pré-Teste, Pós-Teste, Questionário de Opinião dos alunos e anotações pessoais do professor. A análise de dados foi feita utilizando o ambiente estatístico R (R Core Team, 2015), um *software* Livre (Open Source – Código Fonte Aberto).

Os resultados encontrados a partir da análise estatística indicaram uma melhora no rendimento dos alunos do grupo experimental, em comparação com os alunos do grupo controle, que não tiveram aulas preparadas baseadas nos pressupostos já mencionados.

Os resultados do questionário de opinião indicaram que o uso de recursos multimídias e atividades experimentais tem potencial para motivar os alunos. Além disso, se constatou que os alunos enxergaram utilidade em estudar o conteúdo de Eletrostática.

Caso você decida utilizar este material em suas aulas, sinta-se livre para o adaptar a sua metodologia.

Sanderley de Jesus Fernandes

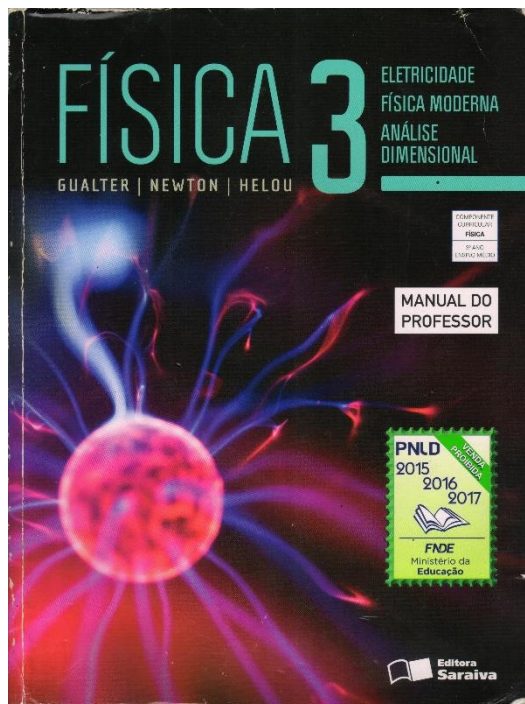
Agosto 2018



## Plano de Ensino

**Público Alvo:** 3º Série do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino do Espírito Santo

**Livro-Texto:** GUALTER, José Biscuola; NEWTON, Villa Bôas; DOCA, Ricardo Helou. *Física* 3. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.



### Conteúdos:

- Carga Elétrica
- Condutores e Isolantes
- Processos de Eletrização
- Força Eletrostática
- Campo Elétrico
- Potencial Elétrico

### Objetivo Geral

- Ensinar os conceitos da Eletrostática, utilizando o livro-texto do professor, em conjunto com um plano complementar de atividades, utilizando recursos variados que possibilite um melhor aprendizado aos estudantes.

### Objetivos Específicos

- Proporcionar ao aluno a noção de carga elétrica
- Ensinar ao aluno o que é um corpo eletricamente neutro e o que é um corpo eletrizado e as consequências da eletrização
- Proporcionar ao aluno a compreensão do que é quantização da carga elétrica
- Proporcionar ao aluno a compreensão do que são materiais condutores e isolantes elétricos
- Proporcionar ao aluno o entendimento de quais são os processos de eletrização e como cada um deles ocorre.
- Fazer com que o aluno conheça e saiba aplicar a Lei de Coulomb

**Tempo de cada aula:** 55 minutos

- Foi considerado apenas 50 minutos como tempo efetivo de aula.

**Distribuição de notas:**

Notas institucionais:

- Prova Parcial – 10 pontos
- Prova Trimestral/Simulado – 10,0 pontos
- Trabalho Trimestral – 10 pontos

## Carga Elétrica

### **Aula 01 – Apresentação da disciplina, do Professor e do Conteúdo Programático**

Nessa aula irei me apresentar a turma e conhecer os alunos.

**Duração estimada: 5 minutos a 10 minutos**

Irei passar aos alunos a distribuição de notas do ano letivo, principalmente a do primeiro trimestre.

Informarei aos alunos que o conteúdo em Física na terceira série do ensino médio, segundo parâmetros curriculares da SEDU (Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santo) é:

No primeiro trimestre – **Eletrostática**.

No segundo trimestre – **Eletrodinâmica**.

No terceiro trimestre – **Magnetismo, Eletromagnetismo e Física Moderna e Contemporânea**.

Para realizar essa primeira exposição, utilizarei uma apresentação de slides (Apêndice A). Nessa apresentação, além de falar da distribuição de notas, do calendário acadêmico e da ementa da disciplina, irei mostrar aplicações de cada uma das partes da disciplina, focalizando sempre que possível em exemplos do cotidiano do aluno. Durante a apresentação, irei primeiro perguntar para os alunos se eles sabem explicar o funcionamento/princípio de cada item mostrado nos slides, depois irei dizer se acertaram ou não e dar uma explicação mais geral para os alunos sobre cada item.

Deixarei claro aos alunos que no decorrer de cada trimestre, iremos aprender conceitos e fenômenos que nos capacite a explicar o que foi mostrado, com o objetivo de entender cada situação, do ponto de vista físico.

**Duração estimada: 25 minutos**

Ainda nessa aula, mostrarei no projetor a folha de orientações sobre o trabalho trimestral (Apêndice B) e discutirei com os alunos o que esperar desse trabalho.

**Duração estimada: 5 a 10 minutos**

## Aula 02 – Pré-teste e Experimento dos copos

Esta aula terá três momentos.

- Questionário – **Duração estimada: 15 a 20 minutos**

Solicitarei que cada aluno responda a um questionário acerca das concepções iniciais que eles possuem a primeira parte da matéria, Eletrostática (Apêndice C).

- A utilidade da Física – **Duração estimada: 10 minutos**

Após os alunos responderem ao questionário, irei retomar com os alunos um dos exemplos de aplicação da eletrostática, a máquina fotocopadora. Mostrarei para os alunos o vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=nSXvBXM SUw>, que explica a fotocopadora em menos de 4 minutos. Caso seja necessário, passarei o vídeo uma segunda vez, pausando algumas partes para explicar (pois alguns alunos podem não conseguir acompanhar a legenda).

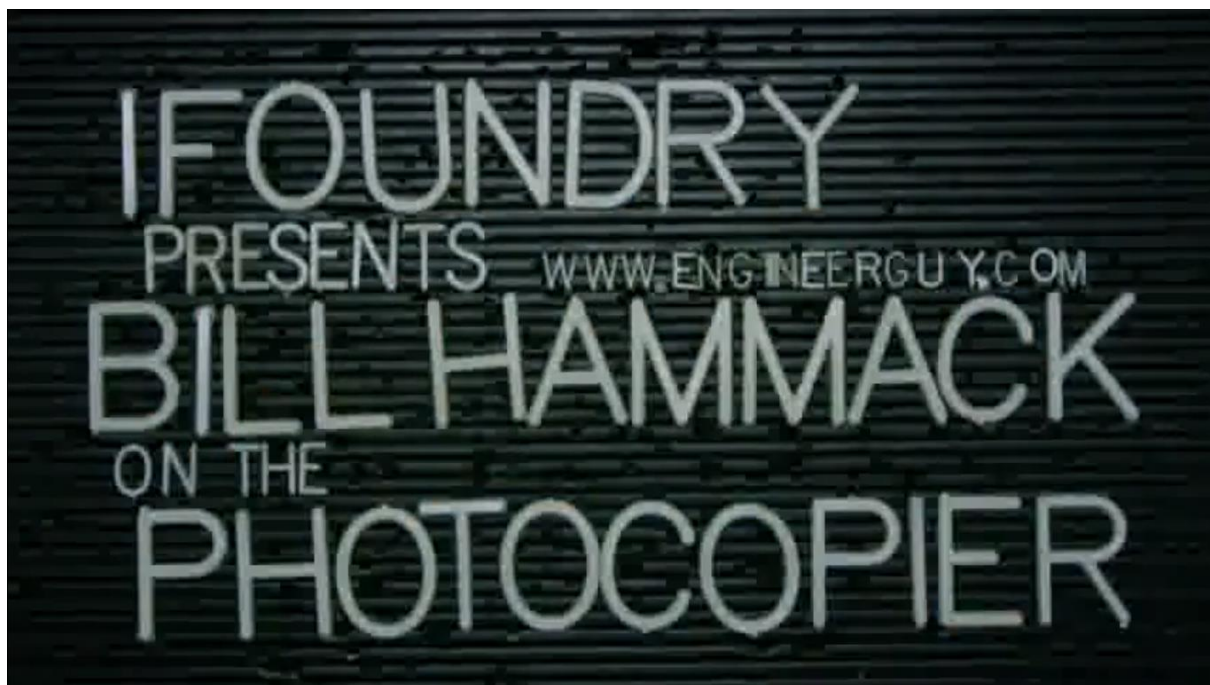


Figura 1: Captura de Tela do Vídeo: “Como funciona a fotocopadora”

O objetivo desse vídeo é partir de algo concreto para então ensinar os conceitos da Física. A escolha da máquina fotocopadora se deu pois nesse equipamento, se evidencia o princípio fundamental da eletrostática, **das cargas iguais se repelirem** e **das cargas opostas se atraírem**, **eletrização** e **força elétrica**, ou seja, todos os conceitos do primeiro capítulo do livro-texto.

- Usando Experimentos com o Professor – **Duração estimada: 20 minutos**

### Experimento do Canudo eletrizado

Esse experimento permite mostrar os três processos de eletrização. A execução e explicação desse experimento pode ser visto nos links “Experimento com Eletrização”:

<https://www.youtube.com/watch?v=uCC0PdMTKgs>

e

<https://www.youtube.com/watch?v=eXjyoLMfnvs>.



Figura 2: Captura de Tela do Vídeo: “Experimento com Eletrização”

Irei guiar os alunos no que eles devem fazer. Solicitarei, que os alunos se dividam em grupos de 3 ou 4 alunos e os guiarei a realizar um experimento de eletrização. Para esse experimento, utilizarei:

- Copo descartável
- Palito de dente
- Canudos de plástico
- Papel higiênico (ou guardanapo)
- Tampa metálica (ou outro objeto metálico na falta)

#### Parte 01 – Montagem:

- Pegue um copo;
- Vire de cabeça para baixo;
- Fure o fundo do copo (que estará para cima) com um palito de dente;
- Pegar um canudo;
- Dobrar o canudo no meio;
- Colocar a parte que foi dobrada em cima do palito;
- Pegar um segundo canudo;
- Aproximar o segundo canudo do primeiro, sem encostar os canudos;
- Verificar o que ocorre.  
(espera-se que não ocorra nada)

## Parte 02 - Eletrização por atrito

Agora, vamos esfregar o segundo canudo em um pedaço de papel e em seguida vamos aproximá-lo do outro canudo, sem encostar.

O que você acha que vai acontecer com os canudos?

Agora faça o experimento e observe o que realmente acontece.

Está de acordo com o que você escreveu? Discuta com seus colegas e com o professor o resultado encontrado. Se for o caso, reescreva sua resposta à questão anterior.

## Parte 03 - Eletrização por atrito

- Retire o canudo do palito;
- Segurar ambos os canudos nas mãos por pelo menos 5 segundos;  
(esse passo é para deixar os canudos neutros)
- Esfregar toda a extensão do primeiro canudo (o que foi dobrado) algumas vezes em um pedaço de papel;
- Colocar a parte que foi dobrada em cima do palito;

Agora, vamos esfregar o segundo canudo em um pedaço de papel e em seguida vamos aproximá-lo do outro canudo, sem encostar.

O que você acha que vai acontecer com os canudos?

Agora faça o experimento e observe o que realmente acontece.

Está de acordo com o que você escreveu? Discuta com seus colegas e com o professor o resultado encontrado. Se for o caso, reescreva sua resposta à questão anterior.

## Parte 04 – Eletrização por contato (montagem)

- Retire o canudo do palito;
- Segurar ambos os canudos nas mãos por pelo menos 5 segundos;  
(esse passo é para deixar os canudos neutros)
- Colocar o canudo que foi dobrado no palito;
- Colocar o objeto metálico (a tampa) na ponta do segundo canudo;

- Fixar o objeto metálico (pode ser com fita adesiva ou outro tipo de fita);
- Aproximar o segundo canudo do primeiro (com a parte metálica), sem encostar os canudos;
- Verificar o que ocorre.  
(espera-se que não ocorra nada)

#### Parte 05 – Eletrização por contato

- Pegar um terceiro canudo;
- Esfregar algumas vezes o terceiro canudo em um pedaço de papel;
- Encostar o terceiro canudo no objeto metálico, passando o objeto por toda a extensão do canudo.
- Repetir os dois últimos passos menos cinco vezes.
- Aproximar o segundo canudo do primeiro (com a parte metálica), sem encostar os canudos;

O que você acha que vai acontecer?

Agora faça o experimento e observe o que realmente acontece. Está de acordo com o que você escreveu? Discuta com seus colegas e com o professor o resultado encontrado. Se for o caso, reescreva sua resposta à questão anterior.

#### Parte 06 – Eletrização por contato

- Pegar o terceiro canudo;
- Esfregar algumas vezes o terceiro canudo em um pedaço de papel;
- Encostar o terceiro canudo no objeto metálico, passando o objeto por toda a extensão do canudo.
- Repetir os dois últimos passos menos cinco vezes.
- Antes de aproximar o objeto metálico do canudo no palito, eletrize o canudo do palito.
- Aproximar o canudo com objeto metálico do canudo no palito, sem encostar os canudos;

O que você acha que vai acontecer?

Agora faça o experimento e observe o que realmente acontece. Está de acordo com o que você escreveu? Discuta com seus colegas e com o professor o resultado encontrado. Se for o caso, reescreva sua resposta à questão anterior.

### Parte 07 – Eletrização por indução

- Pegue um canudo;
- Esfregar algumas vezes o canudo em um pedaço de papel;
- Aproxime esse canudo do canudo com o objeto metálico, tomando o cuidado de não encostar;
- Coloque seu dedo no objeto metálico, no lado oposto ao qual o canudo está sendo aproximado;
- Retire o dedo depois de 10 segundos;
- Retire o canudo sem o objeto metálico.
- Aproxime o canudo com a parte metálica do canudo no palito (que já estava eletrizado de passos anteriores)

O que você acha que vai acontecer?

Agora faça o experimento e observe o que realmente acontece. Está de acordo com o que você escreveu? Discuta com seus colegas e com o professor o resultado encontrado. Se for o caso, reescreva sua resposta à questão anterior.

Não explicarei mais que isso nessa aula. Os alunos apenas devem começar a elaborar uma ideia empírica do que está acontecendo, para em aulas posteriores irem aprimorando essas ideias e conceitos.



### Aula 03 – Carga elétrica

- Usando Experimentos com o Professor – **Duração estimada: 15 minutos**

Esta aula terá dois momentos. No primeiro momento, solicitarei que os alunos se dividam em grupos de 3 ou 4 alunos e pedirei para que os alunos façam o experimento da “caneta atritada se aproximando de pequenos pedaços de papel”. Pedirei que façam esse experimento pelo menos 3 vezes. Em seguida, os alunos devem responder em uma folha separada (uma folha por grupo) a seguinte questão:

Tendo em vista o que vocês viram na aula anterior sobre os processos de eletrização, explique o que acontece neste caso da caneta com os pedaços de papel.

Após os grupos responderem, os alunos devem retornar aos seus lugares e iniciarei o segundo momento da aula.

- A utilidade da Física – **Duração estimada: 5 a 10 minutos**

Nesse momento, é oportuno retomar o exemplo da máquina fotocopadora, tratado nas aulas anteriores. Mostrarei aos alunos um cilindro fotocondutor de uma máquina fotocopadora e lembrarei a eles que ocorre um fenômeno similar na copiadora.

Quando o cilindro carregado positivamente se aproxima do toner, que nada mais é do que partículas plásticas carregadas negativamente, ocorre o mesmo fenômeno que ocorreu com a caneta e os pedacinhos de papel.

No segundo momento, espero que os alunos tenham uma ideia primária do que é carga elétrica, mesmo que apenas empiricamente. Portanto, prosseguirei dando a definição formal do que seria a carga elétrica. No livro texto, essa é a sessão 2 “Noção de carga elétrica” do primeiro capítulo, iniciado na página 11.

Resgatarei a ideia do átomo de Rutherford (os alunos estudam átomo desde a primeira série do ensino médio na disciplina de química), que possui um núcleo, onde encontramos os **prótons** e os **nêutrons**, e orbitando esse núcleo, em uma região chamada **eletrosfera**, encontram-se os **elétrons**.

Irei informar que a massa dos prótons e dos nêutrons são praticamente iguais, porém, a massa de um elétron é cerca de 1836 vezes menor que a massa de um próton.

Em seguida, falarei que existe uma propriedade que os prótons e os elétrons possuem, que os nêutrons não possuem. Essa propriedade se chama **carga elétrica**, e tem papel fundamental nos fenômenos vistos até então.

A unidade de medida de carga elétrica no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o **coulomb (C)**.

Essa propriedade, chamada carga elétrica, possui uma característica importante, a quantização. A saber, essa é a sessão 4 do primeiro capítulo do livro-texto, “Quantização da carga elétrica”.

A carga elétrica é quantizada! Mas, o que significa isso? Significa que a carga elétrica não pode assumir qualquer valor numérico. Ela pode assumir apenas valores múltiplos de uma carga elétrica mínima, extremamente pequena, que ficou conhecido como **carga elétrica elementar (e)**. O valor dessa carga elétrica elementar é:

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Ou seja, não é possível encontrar em um corpo, uma carga elétrica de  $3,0 \times 10^{-19} \text{ C}$ , por exemplo. Mas é possível encontrar um corpo que possua uma carga elétrica de  $3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$  ou  $4,8 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Além da carga elétrica possuir esse tamanho mínimo, a carga elétrica elementar, outra característica marcante é que tanto o próton quanto o elétron possuem como valor de carga elétrica o mesmo valor da carga elétrica elementar, se diferenciando apenas pelo próton ter carga positiva e o elétron ter carga negativa. Já o nêutron, possui carga elétrica neutra, ou seja:

Carga elétrica do próton =  $+e = +1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Carga elétrica do elétron =  $-e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Carga elétrica do nêutron = 0

É preciso salientar ainda que 1 coulomb, apesar de corresponder a apenas uma unidade de carga elétrica, representa uma quantidade muito grande dessa grandeza física. Por isso, costuma-se usar submúltiplos do coulomb. Os principais são:

| Submúltiplo  | Símbolo       | Valor                |
|--------------|---------------|----------------------|
| Milicoulomb  | mC            | $10^{-3} \text{ C}$  |
| Microcoulomb | $\mu\text{C}$ | $10^{-6} \text{ C}$  |
| Nanocoulomb  | nC            | $10^{-9} \text{ C}$  |
| Picocoulomb  | pC            | $10^{-12} \text{ C}$ |

É interessante avisar aos alunos que não apenas elétrons e prótons possuem carga elétrica. Existem outras partículas elementares dotadas de carga elétricas, inclusive algumas com a carga elétrica igual ao módulo de  $e$ , como é o caso dos píons ( $\pi^+$ ) e os múons ( $\mu^-$ ). É importante deixar claro aos alunos que essas partículas não serão o foco do estudo mas que estão sendo faladas para que eles não achem que existem apenas elétrons, prótons e nêutrons.

Nesse momento, irei falar um pouco sobre *quarks*, utilizando o box “Uma breve abordagem dos *quarks*”, presente no livro texto na página 13, para mostrar a composição do próton e do nêutron (Não pretendo entrar em conceitos como hádrons, bárions e léptons). O objetivo de utilizar esse box é para mostrar que a teoria já evoluiu a partir de 1969 e partículas mais elementares já foram descobertas. Com isso, mostrarei que a Física está em constante evolução. É importante deixar bem claro que os *quarks* fazem parte de uma **teoria**, já que nem toda a comunidade científica tem certeza de sua existência. Porém,

a utilização da teoria dos *quarks* pode facilitar o entendimento das interações elétricas entre partículas.

Agora que já foi mostrado aos alunos a composição dos prótons e nêutrons em relação a esses *quarks*, é possível falar sobre a carga de cada um desses *quarks* e mostrar que embora os *quarks* possuam carga elétrica fracionárias a da carga elétrica elementar, como eles não são encontrados isoladamente na natureza, isso não fere que a menor carga elétrica encontrável na natureza é a carga elétrica elementar.

Uma vez posto essas noções de carga elétrica, seguirei para a sessão 3 do livro-texto, “Corpo eletricamente neutro e corpo eletrizado”. Nessa sessão devo fazer o aluno entender que:

- Corpo eletricamente neutro  
É o corpo que para cada próton existe um elétron.
- Corpo eletrizado positivamente  
Há mais prótons que elétrons
- Corpo eletrizado negativamente  
Há mais elétrons que prótons

#### **Aula 04 – Carga elétrica**

Iniciarei revisando os conceitos vistos na aula anterior – **Duração estimada: 5 minutos**

Resolverei dois exemplos que não são do livro-texto: - **Duração estimada: 10 minutos**

Exemplo 01 – Um objeto tem um total de  $10^{23}$  prótons. O que se pode concluir a respeito de sua carga se ele tiver:

a)  $10^{23}$  elétrons?

**Resposta:** Como o objeto possui o número de elétrons igual ao número de prótons, podemos dizer que sua carga é neutra.

b) menos que  $10^{23}$  elétrons?

**Resposta:** Como o objeto possui o número de elétrons menor que o número de prótons, podemos dizer que sua carga é positiva.

c) mais que  $10^{23}$  elétrons?

**Resposta:** Como o objeto possui o número de elétrons maior que o número de prótons, podemos dizer que sua carga é negativa.

Exemplo 02 – Um corpo possui  $5 \times 10^{17}$  elétrons e  $3 \times 10^{17}$  prótons. Qual o sinal e o valor da carga elétrica do corpo?

**Resposta:**

$$Q = -n_e e + n_p e$$

$$Q = -5 \times 10^{17} \times 1,6 \times 10^{23} + 3 \times 10^{17} \times 1,6 \times 10^{23}$$

$$Q = -2 \times 10^{17} \times 1,6 \times 10^{23}$$

$$Q = -3,2 \times 10^{40}$$

➤ **Teste Conceitual (Método de Instrução pelos Colegas) – Duração estimada: 12 a 15 minutos**

**01** – (PUC MG Adaptada) Assinale a afirmativa correta sobre o conceito de carga elétrica:

(A) É a quantidade de elétrons em um corpo.

**(B) É uma propriedade da matéria.**

(C) É a quantidade de eletricidade de um corpo.

(D) É o que se converte em energia elétrica em um circuito.

**02** – (Fafi-MG) Dizer que a carga elétrica é quantizada significa que ela:

(A) só pode ser positiva

(B) não pode ser criada nem destruída

(C) pode ser isolada em qualquer quantidade

**(D) só pode existir como múltipla de uma quantidade mínima definida**

Em seguida, pedirei aos alunos que leiam a questão comentada 1 e resolvam as questões propostas 6, 7 e 8 do livro-texto. – **Duração estimada 10 a 15 minutos**

### **Aula 05 – Princípios da Eletrostática e Condutores e Isolantes**

Essa aula terá três momentos: Correção das atividades da aula anterior; Princípios da Eletrostática; Condutores e Isolantes elétricos. Iniciarei essa aula corrigindo as questões propostas da aula anterior. Após isso, irei tratar da sessão 5 do livro texto, “Princípio da Eletrostática”.

Essa sessão tem como um dos objetivos de explicar ao aluno o princípio da atração e da repulsão, que pode ser resumida como:

Partículas eletrizadas com cargas de sinais iguais se repelem, enquanto as eletrizadas com cargas de sinais opostos se atraem.

Na hora da explicação desse princípio, irei desenhar no quadro o esquema de partículas se afastando e aproximando que existe no livro-texto, na página 14. Uma analogia que é possível fazer para que os alunos entendam é de dois ímãs. Se aproximarmos dois ímãs com polos opostos, eles se atraem. Se aproximarmos dois ímãs com polos iguais, eles se repelem.

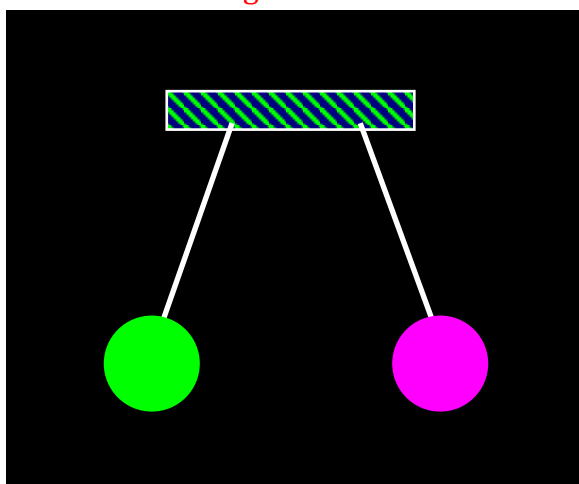
O segundo princípio dessa sessão é o da conservação das cargas elétricas, que irei abordar em outro momento.

Como ferramenta para avaliar o entendimento dos alunos e consolidar o conhecimento, nesse momento utilizarei a Instrução pelo Colega e aplicarei dois testes conceituais aos alunos. Os testes são:

- Teste Conceitual (Método de Instrução pelos Colegas) – **Duração estimada: 12 a 15 minutos (para 2 testes)**

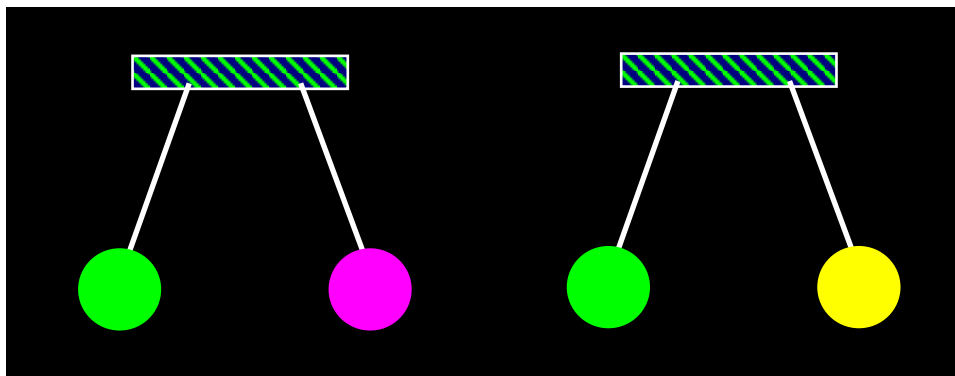
**01** – Duas esferas carregadas se repelem. O que se pode dizer sobre suas cargas?

- A) Uma é positiva e a outra é negativa
- B) Ambas são positivas
- C) Ambas são negativas
- D) Ambas são positivas ou ambas são negativas**



**02** – Essa figura representa dois experimentos, um feito com uma carga verde e outra rosa e o outro feito com a mesma carga verde e uma carga amarela. O que podemos concluir sobre as cargas?

- (A) A rosa e a amarela possuem cargas de sinais **opostas**
- (B) **Apenas** a rosa e a amarela possuem cargas de **mesmo** sinal
- (C) **Todas** possuem carga de **mesmo** sinal
- (D) Uma das esferas deve ser **neutra** (sem carga)



**03** – (Unimep-SP) Analise as afirmações abaixo:

- I. Cargas elétricas de sinais diferentes se repelem.
- II. Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem.
- III. Cargas elétricas de sinais diferentes se atraem.
- IV. A carga elétrica dos corpos são múltiplos e submúltiplos da carga do elétron.
- V. A carga elétrica dos corpos só pode ser múltiplo inteiro do valor da carga do elétron.

Estão corretas as afirmativas:

- (A) I, II e III
- (B) I, III e IV
- (C) **II, III e V**
- (D) III, IV e V
- (E) I, IV e V

**04** – (FURG RS/2000) Três esferas metálicas podem ser carregadas eletricamente. Aproximando-se as esferas duas a duas, observa-se que, em todos os casos, ocorre uma atração elétrica entre elas. Para essa situação são apresentadas três hipóteses:

- I. Somente uma das esferas está carregada.
- II. Duas esferas estão carregadas.
- III. As três esferas estão carregadas.

Quais das hipóteses explicam o fenômeno descrito?

- (A) Apenas a hipótese I.
- (B) **Apenas a hipótese II.**
- (C) Apenas a hipótese III.
- (D) Apenas as hipóteses II e III.
- (E) Nenhuma das três hipóteses.

Após a aplicação desses dois testes conceituais, irei seguir para a sessão 6 do livro -texto, “Condutores e Isolantes elétricos”. O livro destaca os conceitos dessa sessão de maneira sintetizada como:

Um material é chamado **condutor elétrico** quando há nele grandes quantidades de portadores de carga elétrica que podem se movimentar com grande facilidade. Caso contrário, ele será denominado **isolante elétrico**.

É importante explicar ao aluno que tanto um condutor como um isolante podem ser eletrizados. A diferença é que no isolante, a carga elétrica em excesso permanece exclusivamente no local onde se deu o processo de eletrização, enquanto no condutor essa carga busca uma situação de equilíbrio, distribuindo-se em sua superfície **externa**.

Quais materiais vocês conhecem que são bons condutores elétricos? E bons isolantes?

É interessante permitir a participação dos alunos para que os mesmos falem quais materiais eles conhecem que são bons condutores elétricos e quais eles conhecem que são bons isolantes elétricos.

Em seguida, farei também uma comparação sobre os materiais que são bons condutores ou isolantes elétricos com materiais que são bons condutores ou isolantes térmicos, mostrando para os alunos que a princípio não há relação entre eles.

O livro fala ainda sobre condutores de primeira, segunda e terceira espécie, mas não entrarei nesse mérito.

Solicitarei que os alunos resolvam a questão proposta 12 do livro-texto. – **Duração estimada: 5 minutos**

## Aula 06 – Processos de Eletrização (Retomada)

Iniciarei essa aula corrigindo a questão proposta da aula anterior. Após isso, irei tratar da sessão 7 do livro texto, “Processos de Eletrização”. – **Duração estimada: 5 minutos**

Como os alunos já fizeram o experimento do copo, eles puderam além de brincar um pouco com a Física, criar suas hipóteses e conhecimentos iniciais de eletrização. Nessa aula, irei refazer o experimento do copo com os canudos, porém de maneira expositiva.

Escreverei parte da série triboelétrica no quadro (importante conter nessa parte da série papel, isopor e plástico) e farei o experimento dos canudos eletrizados por atrito. Na exposição desse experimento eu explicarei esse processo de eletrização, lembrarei a eles sobre quando dois corpos eletrizados se atraem e quando dois corpos eletrizados se repelem e explicarei sobre a série triboelétrica.

+  
Pele  
Vidro  
Cabelo  
Alumínio  
Papel  
Cobre  
Ouro  
Isopor  
Plástico  
-

Explicarei a eletrização por contato e a eletrização por indução de maneira análoga. Como os alunos já fizeram esse experimento, a explicação poderá ser rápida. Farei o experimento de maneira expositiva, e formalizarei o que é contato e o que é indução. Reforçarei a explicação copiando os esquemas que o livro-texto traz nas páginas 17 e 18 sobre eletrização por contato. Reforçarei nesse momento que o corpo neutro que foi eletrizado por contato, sempre irá adquirir carga de **mesmo sinal** da carga do corpo inicialmente eletrizado e que a soma algébrica das cargas elétricas deve ser a mesma antes, durante e depois do contato.

O livro sintetiza eletrização da seguinte forma:

Denomina-se **eletrização** o fenômeno pelo qual um corpo neutro passa a eletrizado devido à alteração no número de seus elétrons.

É muito importante que o aluno entenda que eletrizar um corpo é alterar o número de elétrons desse corpo e apenas os elétrons. Deve-se deixar explícito que não se jamais se altera o número de prótons ou nêutrons de um corpo quando estamos falando de eletrização.



Da mesma forma que reforçarei a explicação sobre eletrização por contato utilizando os esquemas do livro, usarei a mesma estratégia para eletrização por indução, só que utilizando os esquemas da página 20.

- Teste Conceitual (Método de Instrução pelos Colegas) – **Duração estimada: 15 minutos**

**01** – (PUC-SP) Não é possível eletrizar uma barra metálica segurando-a com a mão, porque:

- (A) a barra metálica é isolante e o corpo humano é bom condutor
- (B) a barra metálica é condutora e o corpo humano é isolante
- (C) tanto a barra metálica como o corpo humano são bons condutores**
- (D) a barra metálica é condutora e o corpo humano é semicondutor
- (E) tanto a barra metálica como o corpo humano são isolantes

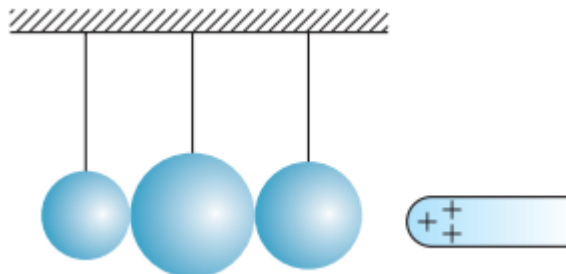
**02** – (UEL-PR adaptada) Corpos eletrizados podem ser observados naturalmente em nosso cotidiano. Um exemplo disso é o fato de algumas vezes levarmos pequenos choques elétricos ao encostarmos em automóveis. Tais choques são devidos ao fato de estarem os automóveis eletricamente carregados. Sobre a natureza dos corpos (eletrizados ou neutros), considere as afirmativas a seguir:

- I. Se um corpo está eletrizado, então o número de cargas elétricas negativas e positivas não é o mesmo.
- II. Se um corpo tem cargas elétricas, então está eletrizado.
- III. Um corpo neutro é aquele que não tem cargas elétricas.
- IV. Ao serem atritados, dois corpos neutros, de materiais diferentes, tornam-se eletrizados com cargas opostas, devido ao princípio de conservação das cargas elétricas.
- V. Na eletrização por indução, é possível obter-se corpos eletrizados com quantidades diferentes de cargas.

Sobre as afirmativas acima, assinale a alternativa correta.

- (A) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- (B) Apenas as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.**
- (C) Apenas as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- (D) Apenas as afirmativas II, IV e V são verdadeiras.
- (E) Apenas as afirmativas II, III e V são verdadeiras.

**03 – (UFJF-MG)** Três esferas metálicas neutras, eletricamente isoladas do ambiente, estão encostadas umas nas outras com seus centros alinhados. Carrega-se um dos extremos de um bastão de vidro positivamente. Este extremo carregado é aproximado a uma das esferas ao longo da linha formada por seus centros (veja a figura abaixo para uma ilustração).

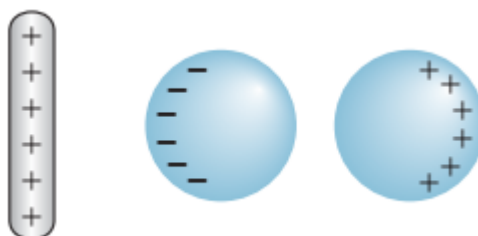


Mantendo o bastão próximo, mas sem que ele toque nas esferas, estas são afastadas uma das outras, sem que se lhes toque, continuando ao longo da mesma linha que formavam enquanto estavam juntas.

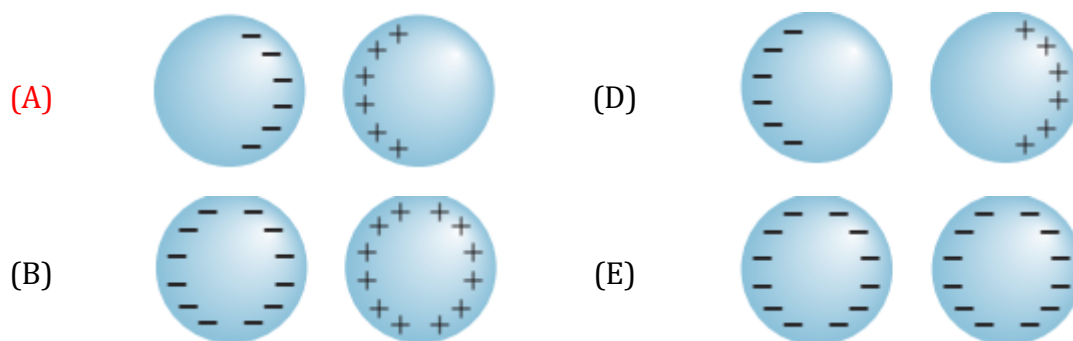
Podemos afirmar que após afastar-se o bastão, as esferas ficam:

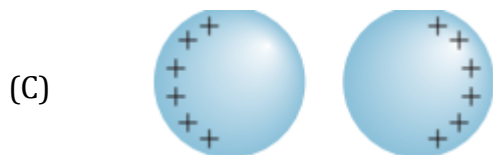
- (A) duas delas com carga positiva e uma com carga negativa
- (B) duas delas neutras e uma com carga positiva
- (C) uma neutra, uma com carga positiva e uma com carga negativa**
- (D) duas neutras e uma com carga negativa

**04 – (Fuvest-SP)** Aproximando-se uma barra eletrizada de duas esferas condutoras, inicialmente descarregadas e encostadas uma na outra, observa-se a distribuição de cargas esquematizada na figura abaixo.

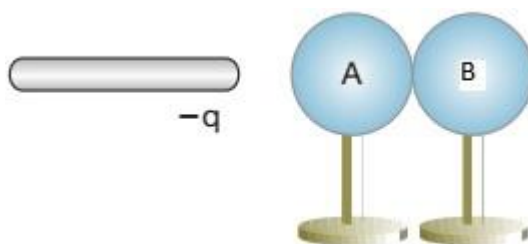


Em seguida, sem tirar do lugar a barra eletrizada, afasta-se um pouco uma esfera da outra. Finalmente, sem mexer mais nas esferas, remove-se a barra, levando-a para muito longe das esferas. Nessa situação final, a figura que melhor representa a distribuição de cargas nas duas esferas é:





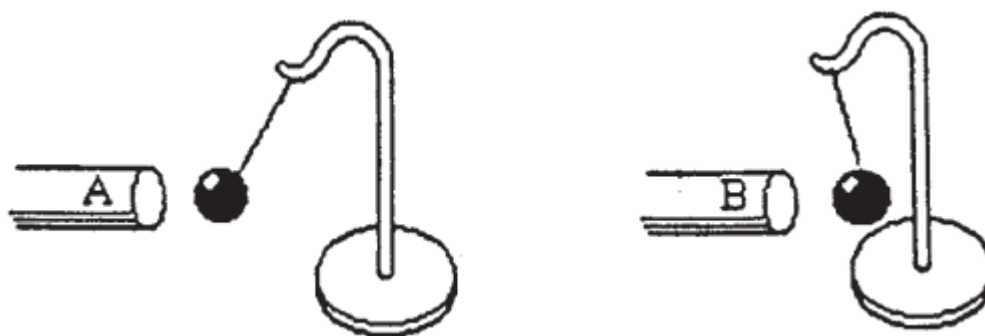
**05 – (UFCE)** A figura mostra as esferas metálicas, A e B, montadas em suportes isolantes. Elas estão em contato, de modo a formarem um único condutor descarregado. Um bastão isolante, carregado com carga negativa,  $q$ , é trazido para perto da esfera A, sem tocá-la. Em seguida, com o bastão na mesma posição, as duas esferas são separadas.



Sobre a carga final em cada uma das esferas podemos afirmar:

- (A) A carga final em cada uma das esferas é nula.
- (B) A carga final em cada uma das esferas é negativa.
- (C) A carga final em cada uma das esferas é positiva.
- (D) A carga final é positiva na esfera A e negativa na esfera B.**
- (E) A carga final é negativa na esfera A e positiva na esfera B.

**06 – (UEPI)** Um pêndulo eletrostático sofre atração elétrica por um bastão A e repulsão elétrica por outro bastão, B, conforme indica a figura.



Assinale, entre as alternativas adiante, qual a que melhor representa a relação entre as cargas elétricas dos bastões A e B e do pêndulo eletrostático.

- (A) O pêndulo pode estar eletricamente neutro.
- (B) Se A for eletricamente positivo, o pêndulo pode ser positivo ou neutro.
- (C) Se A for negativo, o pêndulo pode ser positivo.**
- (D) Se B for negativo, o pêndulo pode ser negativo ou neutro.
- (E) A e B podem ter cargas de mesmo sinal e o pêndulo ser neutro.

➤ A utilidade da Física - **Duração estimada: 5 minutos**

Nesse momento, é oportuno retomar o exemplo da máquina fotocopadora, tratado nas aulas anteriores. Nesse momento o aluno já é capaz de entender o processo de eletrização que ocorre.

O responsável pela eletrização é o fio corona. O fio corona eletriza o cilindro fotocondutor com cargas positivas, ou seja, deixa o cilindro com ausência de elétrons. E essa eletrização acontece por contato do fio corona, que é esticado paralelamente ao cilindro e entra em contato com parte do cilindro.

(Fonte: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras3.htm> )

Resolverei os seguintes exemplos com a turma: - **Duração estimada: 25 minutos**

**01** – Os corpos x e y são eletrizados por atrito, tendo o corpo x cedido elétrons a y. Em seguida, outro corpo, z, inicialmente neutro, é eletrizado por contato com o corpo x. Ao final dos processos citados, as cargas elétricas de x, y e z são, respectivamente:

- (A) positiva, negativa e positiva. (B) negativa, positiva e negativa  
(C) positiva, positiva e positiva. (D) negativa, negativa e positiva.  
(E) positiva, positiva e negativa.

**02** – Duas esferas metálicas iguais, A e B, possuem cargas elétricas iniciais respectivamente iguais a  $2 \mu\text{C}$  e  $8 \mu\text{C}$ . Quais os valores das cargas elétricas em cada uma das esferas após o contato entre elas?

**Resposta:**

Utilizando o princípio da conservação das cargas elétricas, temos:

$$Q = \frac{Q_A + Q_B}{2}$$

$$Q = \frac{2 \mu\text{C} + 8 \mu\text{C}}{2}$$

$$Q = \frac{10 \mu\text{C}}{2}$$

$$Q = 5 \mu\text{C}$$

**03** – Dispõe-se de três esferas metálicas idênticas e isoladas umas das outras. Duas delas, A e B, estão neutras, enquanto a esfera C contém uma carga elétrica Q. Faz-se a esfera C tocar primeiro a esfera A e depois a esfera B. No final desse procedimento, qual a carga elétrica das esferas A, B e C, respectivamente?

**Resposta:**

Utilizando o princípio da conservação das cargas elétricas, temos:

| Inicialmente | Contato entre A e C   | Contato entre B e C                   | Final               |
|--------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|
| $Q_A = 0$    | $\frac{Q_C + Q_A}{2}$ | $\frac{Q_C + Q_B}{2}$                 | $Q_A = \frac{Q}{2}$ |
| $Q_B = 0$    | $\frac{Q + 0}{2}$     | $\frac{\frac{Q}{2} + 0}{2}$           | $Q_B = \frac{Q}{4}$ |
| $Q_C = Q$    | $\frac{Q}{2}$         | $\frac{\frac{Q}{2}}{2} = \frac{Q}{4}$ | $Q_C = \frac{Q}{4}$ |

$$Q_A = \frac{Q}{2}$$

$$Q_B = 0$$

$$Q_C = \frac{Q}{2}$$

$$Q_A = \frac{Q}{2}$$

$$Q_B = \frac{Q}{4}$$

$$Q_C = \frac{Q}{4}$$

Solicitarei que os alunos resolvam as questões propostas 13, 14, 15 do livro-texto. –

Duração estimada: 15 minutos

**Aula 07 – Aula de Resolução de Exercícios**

Corrigirei as questões propostas da aula anterior (**Duração estimada: 10 minutos**) e deixarei essa aula para os alunos tentarem resolver exercícios para consolidar seus conhecimentos. Os alunos poderão fazer esses exercícios individualmente ou em dupla. Os exercícios que serão sugeridos que os alunos trabalhem são:

Do livro-texto: questões propostas 9, 10, 11, 16 e 17. – **Duração estimada: 25 minutos (contando com os abaixo)**

Exercícios além do livro-texto:

**01** – O que significa dizer que a carga elétrica é quantizada?

**Resposta:** Significa que qualquer quantidade de carga elétrica é múltiplo de um determinado valor, no caso, a carga elétrica elementar ( $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

**02** – Considere duas esferas metálicas idênticas, A e B. Inicialmente a esfera A tem carga  $4 \mu\text{C}$ , e a esfera B, carga  $-6 \mu\text{C}$ . Qual o valor da carga elétrica final em cada esfera após terem sido colocadas em contato e separadas?

**Resposta:**

Utilizando o princípio da conservação das cargas elétricas, temos:

$$Q = \frac{Q_A + Q_B}{2}$$
$$Q = \frac{4 \mu\text{C} + (-6 \mu\text{C})}{2}$$
$$Q = \frac{-2 \mu\text{C}}{2}$$
$$Q = -1 \mu\text{C}$$

Nos 10 ou 15 minutos finais, tentarei resolver o máximo de exercícios possível. –

**Duração estimada: 15 minutos**

## Aula 08 – Força eletrostática

Nessa aula, trabalharei a última sessão do capítulo 1 do livro-texto, “Lei de Coulomb”. Essa aula será no laboratório de ciências pois utilizarei as bancadas.

➤ Usando Experimentos com o Professor – **Duração estimada: 25 minutos**

Iniciarei a aula selecionando dois alunos voluntários para participar do experimento do cabo de guerra eletrostático (<https://www.youtube.com/watch?v=Yndkm5VB410>). Inicialmente solicitarei apenas que os alunos tentem vencer o cabo de guerra, dando a orientação que é proibido encostar na latinha. Depois, pedirei para os alunos se dividirem em grupos e tentar responder a algumas perguntas (que estarão no quadro) em uma folha separada para me entregar. Nas bancadas do laboratório terão material suficiente para que os grupos reproduzam os experimentos a vontade.



Figura 3: Captura de Tela do Vídeo: “Cabo de guerra elétrico - experiência de Física” do Canal Manual do Mundo

Experimento do Cabo de Guerra:

- 1) Atritando uma bexiga no cabelo e aproximando da latinha, o que acontecerá? Por quê?

- 2) Se duas pessoas, colocadas em lados opostos de uma mesa, atritarem uma bexiga em seu cabelo e aproximarem da latinha, o que acontecerá? Por quê?

Realize o experimento tendo em vista as questões a seguir. Não precisam responder todas elas, pois servem para guiar a observação do experimento

1. O que esse experimento tenta mostrar?
2. A bexiga está sendo eletrizada por qual tipo de eletrização?
3. A latinha está eletrizada? Se sim, qual é o sinal da carga da latinha?
4. O local que se atrita a bexiga no cabelo tem alguma importância? Se sim, qual?
5. A região da bexiga que se aproxima da latinha tem alguma importância? Se sim, qual?
6. A quantidade de “esfregadas” faz alguma diferença? Se sim, qual?
7. A distância que a bexiga está da latinha faz alguma diferença? Se sim, qual?
8. Se encostarmos a bexiga após esfregar no cabelo na latinha e depois fazer o cabo de guerra, terá algum efeito diferente? Se sim, qual e porquê?
9. Qual grandeza física que vocês conhecem que poderia ter feito a latinha se mexer?

Verifique se suas respostas as duas questões iniciais estão corretas. Caso não esteja, discuta com seus colegas o que aconteceu e escreva a correção abaixo:

- 1) Atritando uma bexiga no cabelo e aproximando da latinha, o que acontecerá? Por quê?

- 2) Se duas pessoas, colocadas em lados opostos de uma mesa, atritarem uma bexiga em seu cabelo e aproximarem da latinha, o que acontecerá? Por quê?

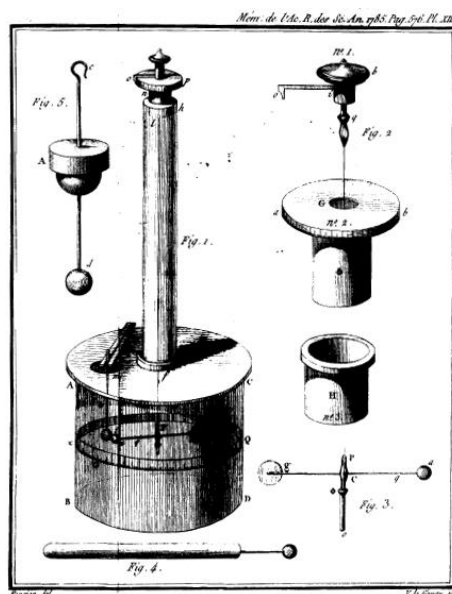
Com essas perguntas, espero que o aluno consiga relacionar eletrização, carga elétrica e força elétrica, mesmo que de maneira intuitiva.

Após os alunos concluírem essa atividade, explicarei para eles que aquilo que aconteceu foi a ocorrência de Forças Elétricas.

Desenharei no quadro um esquema de cargas iguais se repelindo e indicando para onde aponta a força naquele caso. Em seguida, quando as cargas são opostas, também indicando para onde aponta a força. Com isso, aproveitarei para lembra-los que força é uma grandeza vetorial (exemplificando: uma força aplicada de cima para baixo em um mesa nada provoca. Mas da direita para a esquerda, pode colocar ele em movimento). Esse esquema está no livro-texto na página 22.

Explicarei então para eles brevemente o experimento da balança de torção de Coulomb.





**Figura 4:** Esquema da balança de torção apresentada por Coulomb, em 1785, à Academia Francesa de Ciências, retirado do Wikipédia <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Bcoulomb.png>

Nesse experimento, Coulomb usou uma balança de torção, esquematizada na figura. Nessa balança, uma barra isolante homogênea tem, em suas extremidades, duas pequenas esferas de mesmo peso, inicialmente neutras. A barra é suspensa pelo seu ponto médio por um delgado fio de prata, cuja torção pode ser avaliada num mostrador situado na parte superior do aparelho.

Durante a operação, outra barra isolante, em cuja extremidade há uma pequena esfera b eletrizada, é introduzida verticalmente por um orifício do dispositivo (b), de modo a tocar uma das esferas (a) da primeira barra. A esfera a eletriza-se com carga de mesmo sinal que b, ocorrendo a repulsão entre elas. Em consequência dessa repulsão, há uma torção no fio de suspensão. A intensidade da força elétrica é proporcional ao ângulo de torção.

Medindo o ângulo de torção para diferentes distâncias entre (a) e (b), Coulomb estabeleceu a lei do inverso do quadrado da distância. Mantendo a distância e mudando convenientemente o valor das cargas, ele estabeleceu que a intensidade da força elétrica é diretamente proporcional ao produto das cargas.

(Retirado do livro: Ramalho, Nicolau e Toledo, Os Fundamentos da Física, Volume 3, página 15)

Darei então a formulação matemática da **Lei de Coulomb**, que o livro-texto traz da seguinte forma:

$$F_e = \frac{K|Qq|}{d^2}$$

Explicarei o que significa cada termo da equação. Em seguida, darei a representação gráfica de  $F_e$  em função de  $d$ . É interessante notar que o livro-texto traz essa representação.

Exemplo: O núcleo de um átomo de ferro tem um raio de cerca de  $4 \times 10^{-15} \text{ m}$  e contém 26 prótons. Que força repulsiva eletrostática age entre dois prótons neste núcleo se estão separados pela distância de um raio?

Resposta:

Utilizando a Lei de Coulomb, temos:

$$F = \frac{k|Q_1||Q_2|}{d^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1,6 \times 10^{-19}}{(4 \times 10^{15})^2}$$

$$F = \frac{23,04 \times 10^{-29}}{16 \times 10^{30}}$$

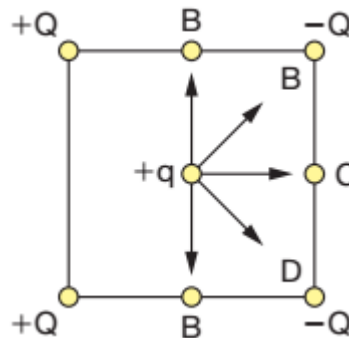
$$F = 1,44 \times 10$$

$$F = 14,4 \text{ N}$$

(Falar que é comparável a força peso que um quilo e meio de sal, por exemplo, faz na mão de uma pessoa)

- Teste Conceitual (Método de Instrução pelos Colegas) – **Duração estimada: 12 a 15 minutos**

**01** – (ESPM-SP) No centro do quadrado abaixo, no vácuo, está fixa uma carga elétrica  $q$ . Nos vértices do quadrado temos, também fixas, as cargas  $+Q$ ,  $-Q$ ,  $-Q$  e  $+Q$ . Para qual das direções aponta a força elétrica resultante na carga central?



- a) A
- b) B
- c) C
- d) D
- e) E

**02** – Entre a **carga vermelha** e a **carga azul**, qual delas irá interagir com uma maior **força elétrica** na **carga verde**?



- (A) **A carga azul**
- (B) **A carga vermelha CORRETA!**
- (C) Igual para ambos

➤ A utilidade da Física

Nesse momento, é oportuno fechar o entendimento da fotocopidora. Colocarei no Datashow o Apêndice D e a partir dali explicarei, pedindo a colaboração dos alunos para montar as respostas.

O primeiro passo é o cilindro ser eletrizado pelo fio corona com cargas positivas. Perguntarei aos alunos o que significa ser eletrizado com cargas positivas.

O segundo passo é a luz incidir no cilindro em algumas regiões, sendo descarregado nessas regiões.

O toner está carregado negativamente. Perguntarei aos alunos o que significa ser carregado negativamente.

Quando o cilindro carregado positivamente se aproxima do toner carregado negativamente acontece “algo”. Os alunos devem me responder o que é esse “algo”.

Espero que os alunos me falem que o toner se atrai ao cilindro ou algo nessa mesma linha de raciocínio. Perguntarei aos alunos se sempre ocorre atração entre dois objetos eletrizados. Eles provavelmente saberão me responder.

Fecharei a explicação falando que como as partículas de toner estão ligadas ao papel apenas por eletrização, é necessário que passem por um cilindro compressor aquecido para que as partículas plásticas do toner fixem definitivamente no papel.

Assim, a cópia foi concluída.

## **Aula 09 – Força eletrostática**

Resolverei três exemplos que não são do livro-texto: - **Duração estimada: 15 minutos**

Exemplo 01 – Calcule a intensidade da força elétrica de repulsão entre duas cargas puntiformes  $3 \times 10^{-5} \text{ C}$  e  $5 \times 10^{-6} \text{ C}$ , que se encontram no vácuo, separadas por uma distância de 15 cm.

**Resposta:**

Usando a Lei de Coulomb, temos:

$$F = \frac{k|Q_1||Q_2|}{d^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-6}}{(15 \times 10^{-2})^2}$$

$$F = \frac{135 \times 10^{-2}}{225 \times 10^{-4}}$$

$$F = 0,6 \times 10^2$$

$$F = 60 \text{ N}$$

Exemplo 02 – A intensidade da força elétrica entre duas cargas elétricas puntiformes iguais, situada no vácuo a uma distância de 2 m uma da outra, é de 202,5 N. Qual o valor das cargas.

**Resposta:**

Usando a Lei de Coulomb, temos:

$$F = \frac{k|Q_1||Q_2|}{d^2}$$

Considerando as cargas elétricas iguais, temos:

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

$$202,5 = \frac{9 \times 10^9 \times Q \times Q}{2^2}$$

$$810 = 9 \times 10^9 \times Q^2$$

$$Q^2 = \frac{810}{9 \times 10^9}$$

$$Q^2 = 90 \times 10^{-9} = 9 \times 10^{-8}$$

$$Q = \sqrt{9 \times 10^{-8}} = 3 \times 10^{-4} \text{ C}$$

Exemplo 03 – No vácuo duas cargas elétricas puntiformes  $q_1 = 8 \mu\text{C}$  e  $q_2 = 5 \mu\text{C}$  se encontram fixas a 2,0 cm uma da outra. Caracterize a força elétrica de interação entre essas cargas.

Resposta:

Usando a Lei de Coulomb, temos:

$$F = \frac{k|Q_1||Q_2|}{d^2}$$
$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$
$$F = \frac{360 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-4}}$$
$$F = 90 \times 10 = 900 \text{ N}$$

Além disso, como  $q_1$  e  $q_2$  são positivas, a força é de repulsão.

Em seguida, pedirei aos alunos que resolvam as questões propostas 18, 19 e 20 do livro-texto. – **Duração estimada: 15 minutos**

## **Aula 10 – Aula de Exercícios**

Corrigirei as questões propostas da aula anterior (**Duração estimada: 10 minutos**) e deixarei essa aula para os alunos tentarem resolver exercícios para consolidar seus conhecimentos. Os alunos poderão fazer esses exercícios individualmente ou em dupla. Aconselharei aos alunos que antes de resolver as questões propostas, leiam e tentem entender as questões comentadas 3 e 4.

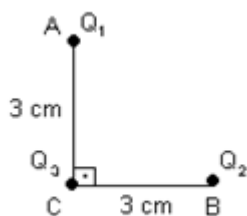
Os exercícios que serão sugeridos que os alunos trabalhem são:

Do livro-texto: Questões propostas 22,23,24. Desafio: questão proposta 21.

Exercício além do livro-texto:

**01** – Duas cargas puntiformes  $Q_1 = 6 \mu\text{C}$  e  $Q_2 = -8 \mu\text{C}$  encontram-se fixadas nos pontos A e B como mostra a figura ao abaixo.

a) Determinar a intensidade da força resultante que atua sobre uma carga  $Q_3 = 1 \mu\text{C}$  colocada no ponto C. Considere o meio como sendo o vácuo.



b) Indique por meio de vetores as forças atuantes em cada carga

**02** – Se todas as cargas positivas de um mol de hidrogênio atômico fossem agregadas em apenas uma carga, e todas as cargas negativas em uma outra carga única, que forças as duas exerceriam mutuamente numa distância de: (a) um metro; (b)  $10^7$  metros (comparável ao diâmetro da Terra)?

**03** – Duas esferas de cobre, cada uma com 1 kg de massa, acham-se separadas pela distância de um metro. (a) Quantos elétrons cada esfera contém? (b) Quantos elétrons teria de ser removidos de uma das esferas e acondicionados à outra para provocar uma força de  $10^4$  N (aproximadamente uma tonelada-força). (c) Que fração de todos os elétrons de uma esfera esta quantidade representa?

Nos 20 minutos finais, resolverei os exercícios.

## Campo Elétrico

### Aula 11 – Desafio: fazer o celular parar de funcionar

Essa aula será realizada no laboratório de ciências da escola.

Quando os alunos já estiverem no laboratório, eles serão separados em quatro grupos, devido ao laboratório possuir quatro bancadas de trabalho de bom tamanho. Pelo laboratório, estarão alguns materiais, entre eles: recipientes de vidro, caixas de papelão, isopor, fitas adesivas, cartolinas, papel alumínio, papel higiênico, panos de prato e sacolas plásticas.

Será solicitado aos grupos que peguem dois celulares, dos próprios alunos, e que realizem uma chamada telefônica de um para o outro, no modo normal (ou seja, não estando no silencioso ou no vibrar).

Pedirei que os alunos respondam as seguintes questões.

- 1) O que você faria para que o telefone pare de funcionar, ou seja, perca o sinal da operadora?

- 2) Explique porque a sua proposta deveria funcionar.

Agora chegou a hora de testar as hipóteses e explicações dos grupos. Após fazerem a ligação e responderem as duas perguntas acima, eu irei pedir para que os grupos arranjem uma maneira de fazer a chamada telefônica ser interrompida sem desligar a chamada, o telefone e sem avariar os aparelhos. Para cumprir tal meta, eles podem usar qualquer material que tenha a disposição no laboratório. Além disso, solicitarei que os grupos que descobrirem como fazer isso, não devem contar a solução para os outros grupos. Será dado o tempo de 20 minutos para os alunos concluírem essa tarefa.

Após passado o tempo da tarefa, irei mostrar a solução caso nenhum grupo tenha conseguido realizar o desafio, ou seja, irei enrolar o celular receptor da chamada telefônica em papel alumínio e depois de um tempo, a ligação será encerrada.

Em seguida, será promovido um debate com os alunos, para que todos os grupos apresentem quais foram suas hipóteses e o que aconteceu quando testaram cada uma delas.

- 1) Sobre suas respostas às duas perguntas anteriores, escreva o que ocorreu e o que não ocorreu de acordo com suas ideias.

- 2) Explique porque a sua proposta deveria funcionar.

Quando todos os grupos falarem, irei explicar para os alunos que o fenômeno visto se chama **blindagem eletrostática** e é simplesmente a distribuição da **carga elétrica** na superfície externa do **condutor elétrico**, no caso o papel alumínio. O celular transmite e recebe sinais através de ondas de rádio, que são ondas eletromagnéticas (os alunos já viram ondulatória na série anterior), formadas pela combinação de dois campos, um elétrico e outro magnético. Acontece que, dentro da blindagem, o **campo elétrico** é nulo, logo, a onda não se propaga e não há sinal no celular.

Após realizar essa explicação, anotarei os termos em negrito no quadro e falarei para os alunos não se preocuparem caso não entendam totalmente esses termos, pois serão trabalhados ao longo do trimestre. Além disso, conversarei com eles sobre possíveis termos que eles conhecem (ou acham que conhecem).



## **Aula 12 – Campo Elétrico**

Nessa aula iniciarei o capítulo 2 do livro-texto, “Campo Elétrico”.

Antes de falar sobre campo elétrico, irei resgatar algumas ideias primitivas de campos que os alunos já possuem, mesmo sem saber.

Perguntarei para eles se eles sabem o que é peso. Eles possivelmente sabem. Perguntarei como eles podem verificar se alguma coisa tem peso. Eles podem me falar que se alguma coisa tem massa, tem peso. Perguntarei se existe uma maneira de verificar se em uma região, existe força peso. Eles possivelmente me responderão algo como soltar um objeto e esse objeto cair. Fecharei falando com eles que então, nessa região do espaço, falamos que atua um campo gravitacional.

Perguntarei a eles se eles sabem o que é força magnética. Eles possivelmente sabem. Caso eles não saibam, estarei com um ímã para mostrar aos alunos. Perguntarei se existe uma maneira de verificar se em uma região, existe força magnética. Meu objetivo é que os alunos respondam algo como ter uma barra de ferro em alguma região e se esse objeto ser atraído ou repellido por algum lugar, é por que existe um ímã na proximidade, ou seja, existe um campo magnético nessa região.

A partir dessas duas analogias, posso introduzir o conceito de campo elétrico com o formalismo do livro, que enuncia da seguinte forma:

**Campo elétrico** é uma propriedade física estabelecida em todos os pontos do espaço que estão sob a influência de uma carga elétrica (carga fonte), tal que uma outra carga (carga de prova) ao ser colocada em um desses pontos, fica sujeita a uma força de atração ou repulsão exercida pela carga fonte.

Fazendo uma ligação com as analogias anteriores, isso significa que:

- Em uma região do espaço que existe um campo gravitacional, caso exista um corpo com massa diferente de zero, surgirá nesse corpo uma força peso;
- Em uma região do espaço que existe um campo magnético, caso exista um corpo ferromagnético, surgirá nesse corpo uma força magnética;

Logo,

- Em uma região do espaço que existe um campo elétrico, caso exista um corpo com carga elétrica diferente de zero, surgirá nesse corpo uma força elétrica.

Feito isso, espero que os alunos tenham minimamente a noção do que seria um campo, especialmente o elétrico.

Partirei para a definição matemática de campo elétrico:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}, \text{ Unidade de medida sendo N/C}$$

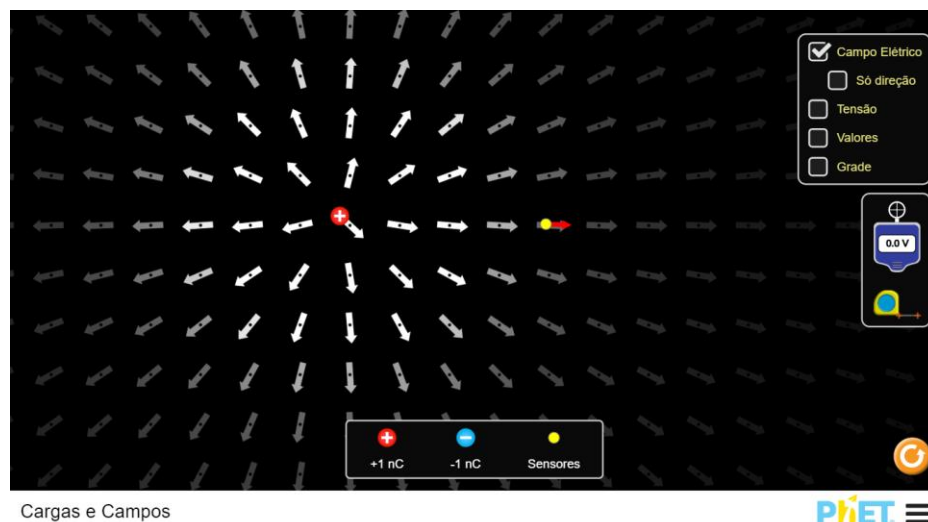
Destacando que por ser uma grandeza vetorial, temos **módulo**, **direção** e **sentido** dados por:

**Módulo:**  $E = \frac{F_E}{q} = \frac{kQ}{d^2}$

**Direção:** a mesma de  $\vec{F}_E$

**Sentido:** o mesmo de  $\vec{F}_E$ , se  $q$  for positiva, contrário ao da força  $\vec{F}_E$ , se  $q$  for negativa.

Para eles começarem a entender um pouco melhor essa relação vetorial, que normalmente os alunos não têm muita facilidade, usarei com eles o simulador do Phet Colorado chamado “Cargas e Campo” (disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/charges-and-fields](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/charges-and-fields)). Mostrando esse simulador, espero ilustrar a relação conceitual entre campo e força de ação a distância, no caso, a força elétrica.



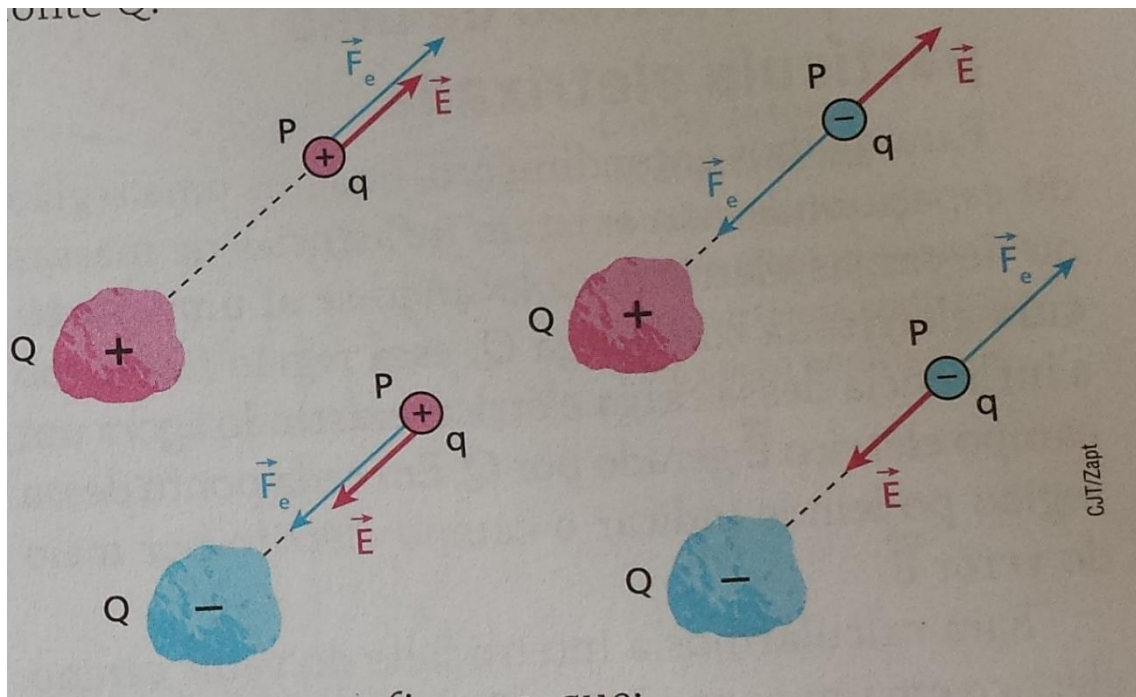
**Figura 5:** Simulador do Phet Colorado usado na décima quarta aula

Farei o seguinte exemplo numérico:

Exemplo 01: Uma carga elétrica puntiforme  $Q = 8,0 \text{ nC}$  é colocada no vácuo. Sabe-se que  $K_0 = 9,0 \times 10^9$  unidades SI. Determine a intensidade do campo elétrico:

- no ponto A, localizado a 4,0 cm a direita da carga Q.
- no ponto B, localizado a 2,0 cm a direita do ponto A.

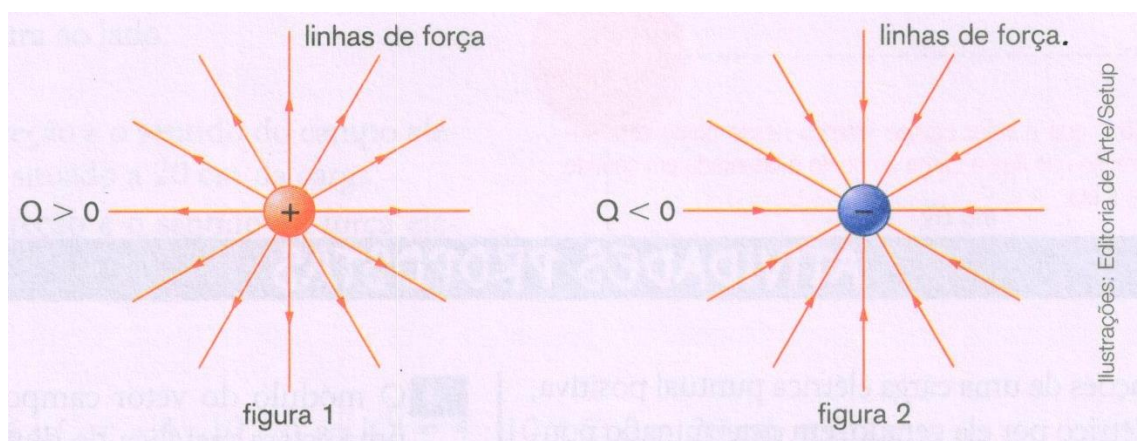
Continuarei a aula falando sobre a orientação do campo elétrico. Para isso farei o esquema que o livro apresenta na página 33. Essa parte é facilitada pelos alunos já terem visto isso no simulador. Caso seja necessário, posso retomar o simulador aqui também.



**Figura 6:** Orientação do campo elétrico e da força elétrica. Retirado do Livro-Texto. Página 33.

Com esse esquema posso fazer com que o aluno entenda o que acontece quando a carga de prova é positiva e quando é negativa, assim como quando a carga geradora é positiva e a carga geradora é negativa.

Após os alunos entenderem isso, falarei rapidamente de linhas de forças a partir do esquema que farei no quadro. O esquema será esse:



**Figura 7:** Orientação das linhas de força de um campo elétrico.a. Retirado da Página 42 do livro BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. F. S. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; CASEMIRO, R. **Física:** eletromagnetismo, física moderna, 3º ano. 2. Ed. São Paulo: FTD, 2013. 304 p.)

A partir desse esquema, espero ajudar o aluno a compreender o que são linhas de força e para onde apontam as linhas de forças. É importante deixar claro para os alunos a noção de direção radial “para dentro” e radial “para fora” ao explicar essa parte e que linhas de forças são apenas uma representação da natureza, logo, não existem de fato.

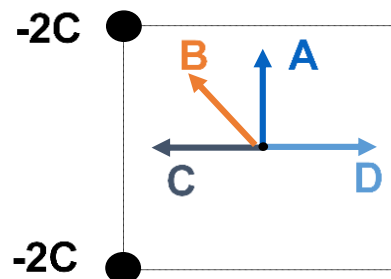
Após os alunos entenderem isso, farei alguns exemplos de superposição de campo elétrico.

Exemplo 02: Considere uma linha reta horizontal, com uma carga  $1C$  em cada extremidade. Qual é a direção e o sentido do campo elétrico resultante no meio dessa linha?

Exemplo 03: Considere uma linha reta horizontal, com uma carga  $1C$  na extremidade esquerda e uma carga de  $-1C$  na extremidade direita. Qual é a direção e o sentido do campo elétrico resultante no meio dessa linha?

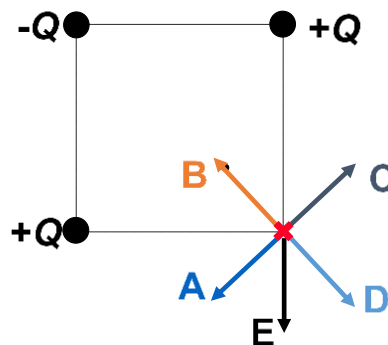
- Teste Conceitual (Método de Instrução pelos Colegas) – **Duração estimada: 12 a 15 minutos**

**01** – Qual é o campo elétrico no centro do quadrado?



**Resposta: C**

**02** – Qual é a direção do campo elétrico na posição marcada com X?



**Resposta: D**

### **Aula 13 – Capacitores, campo elétrico uniforme e campo elétrico de um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático**

Vamos dar continuidade no estudo de Campo Elétrico. O Campo elétrico é útil para entender o funcionamento de várias aplicações. Entre elas, o Capacitor. Você já ouviu falar?

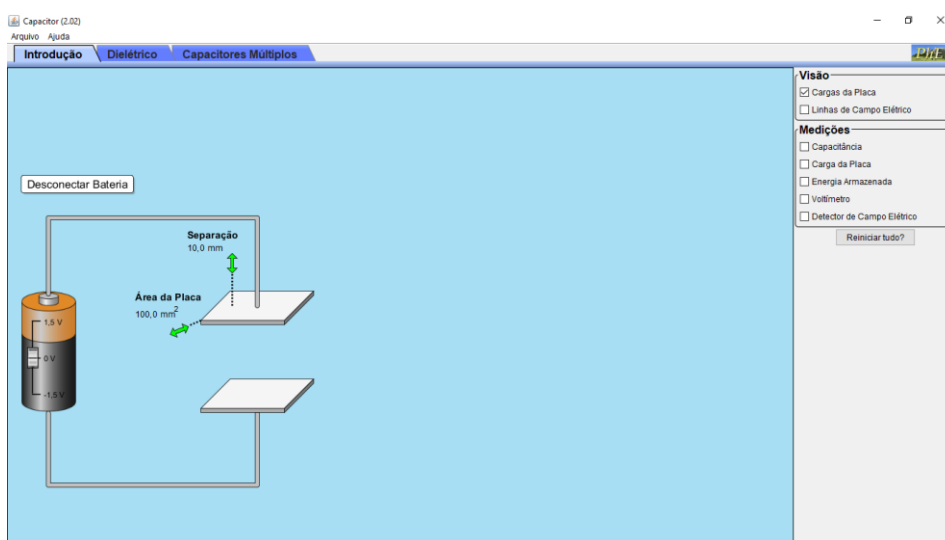
- Você já ouviu falar de capacitores?

Capacitores são componentes eletrônicos que tem a capacidade de armazenar energia na forma de campo elétrico.

- Você sabe como funciona um capacitor?

Um capacitor consiste em duas placas metálicas condutoras separadas por um isolante dielétrico. A medida que as placas vão se carregando com cargas de mesmo módulo, e sinal contrário, é criado um campo elétrico entre essas placas. Esse campo elétrico pode ser amplificado dependendo do material dielétrico que é posto entre as placas.

Mostrarei no simulador do Phet Colorado ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/capacitor-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/capacitor-lab)) como o aumento da carga, aumenta o campo elétrico dentro do capacitor.



**Figura 8:** Simulador do Phet Colorado usado na décima quinta aula

- Você sabe para que serve capacitores?

Capacitores possuem diversas aplicações. Podemos citar:

- sensores (exemplo são as telas touch screen capacitivas);
- osciladores;
- filtro de ruídos em sinais de energia;
- absorver picos e preencher vales em sinais elétricos;
- divisor de frequência em sistemas de áudio;
- armazenamento de carga elétrica em sistemas de flash de máquinas fotográficas;
- em conjunto com transistores em memórias do tipo DRAM;

- como baterias temporárias em som automotivo (megacapacitor);
- laser de alta potência (banco de capacitores);
- radares (banco de capacitores);
- aceleradores de partículas (banco de capacitores);
- Sintonizador de rádios (capacitor variável);
- no start de motores de portão eletrônico (capacitor de partida);
- em fontes de alimentação, etc.

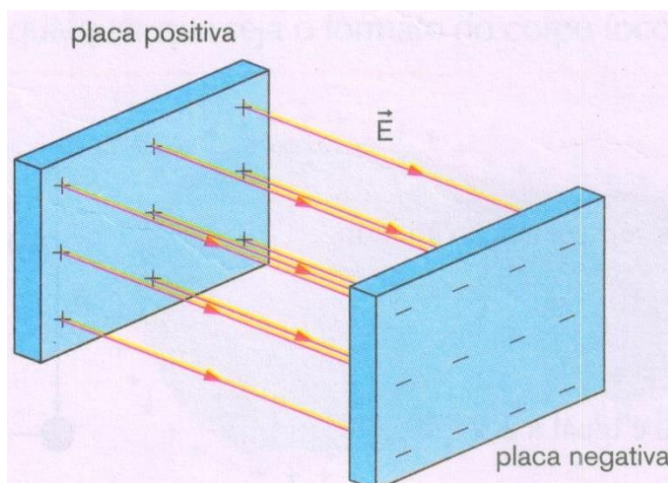
Essa lista de aplicações foi retirada de: <http://www.comofazerascosas.com.br/introducao-aos-capacitores-o-que-e-para-que-serve-e-como-funciona.html>



**Figura 9:** Exemplos de capacitores. Retirado de <https://www.sabereletrica.com.br/wp-content/uploads/2015/03/tipos-de-capacitores.jpg>

Nesse ponto, os alunos já viram linhas de campo, superposição de campo elétrico e capacitores. Posso aproveitar o exemplo do capacitor e explicar para eles que se as placas metálicas estiverem suficientemente próximas, o campo elétrico que se forma entre elas é um campo elétrico uniforme, como o esquema a seguir (que desenharei no quadro):





**Figura 10:** Campo Elétrico entre placas condutoras carregadas. Retirado da página 43 do livro BONJORN, J. R.; BONJORN, R. F. S. A.; BONJORN, V.; RAMOS, C. M; PRADO, E. P.; CASEMIRO, R. **Física:** eletromagnetismo, física moderna, 3º ano. 2. Ed. São Paulo: FTD, 2013. 304 p.

A partir desse esquema, posso explicar aos alunos que o vetor  $\vec{E}$  é constante, perpendicular às placas e orientado da placa positiva para a negativa.

Segundo para campo elétrico de condutores elétricos, o livro-texto começa essa sessão, a saber a sessão 8 do capítulo 2, com o seguinte dizer:

O vetor campo elétrico é nulo nos pontos internos do condutor.

Além disso, apresenta a formulação matemática dessa frase como:

$$\vec{E}_{int} = \vec{0}$$

Para que os alunos compreendam o que isso significa, retomarei dois exemplos já trabalhados com ele: a) O carro que ao ter um cabo de alta tensão em contato com sua lataria externa, mantém os ocupantes em segurança e o celular, que enrolado em papel alumínio não recebe as ondas eletromagnéticas quando está recebendo ou transmitindo uma ligação.

Nesse ponto, é possível fazer a ressalva de que no celular atua um campo eletromagnético, ou seja, atua simultaneamente dois campos: elétrico e magnético. Mesmo que o aluno não tenha base para entender completamente o que é um campo eletromagnético, é interessante já introduzir esse conceito para no decorrer do ano letivo ele ser cada vez mais diferenciado. Além disso, explicar que a blindagem vista no experimento do celular só faz com que a parte do campo elétrico se torne nulo.

Uma vez que os alunos lembrem que já viram esse fenômeno na prática, desenharei o esquema da esfera oca de Coulomb no quadro e explicarei a partir dela o que acontece se encostar um corpo carregado em determinadas partes da esfera:



**Figura 11:** Esfera oca de Coulomb. Retirado do Livro-texto.

Então, concluirei aos alunos que o fenômeno da blindagem eletrostática tem base nesse princípio.

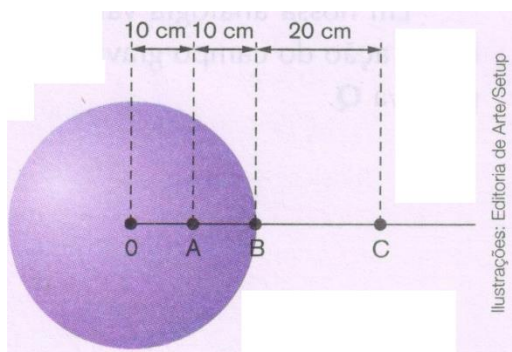
É importante que os alunos entendam que a blindagem eletrostática acontece, independente da geometria do condutor. Pode ser esférico (como a figura acima) ou de um formato qualquer, como o caso do carro em contato com um cabo de alta tensão ou o celular envolvido com papel alumínio. O importante é que o material que envolve seja condutor!

Farei o seguinte exemplo com os alunos:

Consideremos uma esfera condutora de raio 20 cm. Ela se encontra carregada eletrostaticamente com uma carga de  $4 \times 10^{-6}$  C. Determine:

- Existe algum ponto onde o campo elétrico é nulo?
- a intensidade do vetor campo elétrico nos pontos A
- a intensidade do vetor campo elétrico nos pontos B
- a intensidade do vetor campo elétrico nos pontos C

Localizados conforme indica a figura. (Dados:  $Q = 4 \times 10^{-6}$  C;  $d_A = 10$  cm = 0,1 m;  $d_C = 40$  cm = 0,4 m;  $k_0 = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>)



**Figura 12:** Retirado da página 49 do livro BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. F. S. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; CASEMIRO, R. **Física:** eletromagnetismo, física moderna, 3º ano. 2. Ed. São Paulo: FTD, 2013. 304 p.



Pedirei aos alunos que façam os exercícios:

**01** – No que consiste o efeito da blindagem eletrostática?

Consiste na anulação de campos elétricos no interior de um condutor, produzido por cargas externas ao mesmo.

**02** – Uma esfera maciça de raio 5,0 cm e eletrizada com carga de  $-3 \mu\text{C}$  se encontra no vácuo ( $k_0 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ). Qual é a intensidade do campo elétrico:

a) no interior da esfera a 2,0 cm do seu centro? **Zero.**

b) fora da esfera a 5,0 cm de sua superfície?  **$2,7 \times 10^8 \text{ N/C}$**

## **Aula 14 – Densidade Superficial de Cargas e Poder das Pontas**

Iniciarei perguntando aos alunos:

Você sabe como funciona o para-raios?

Os alunos provavelmente devem ter uma noção de como funciona, embora não saibam explicar exatamente como. Alguns devem se lembrar da primeira aula, onde um dos exemplos de onde se aplica a Eletrostática que foi mostrada aos alunos, era o para-raios.

Explicarei para os alunos que o para-raios nada mais é do que uma haste metálica pontiaguda revestida de algum material resistente ao calor, como a platina, recebida por uma descarga elétrica.

O para-raios não “para os raios”. Na realidade, o para-raios atrai os raios através de um caminho seguro. O para-raios facilita a ocorrência dos raios. Porém em locais seguros e não em cima da gente.

O motivo do para-raios ser posto em locais altos é para diminuir a distância entre a nuvem carregada e o local de descarga, forçando assim que o raio não atinja outro ponto.

E após a descarga atingir o para-raios, a mesma é transportada para a Terra através de um fio que conecta o solo e o para-raios.

Porém, para que os alunos entendam completamente o para-raios, é necessário entender a densidade superficial de cargas.

A densidade superficial de cargas nada mais é do que a distribuição das cargas elétricas em um condutor elétrico. Porém, essa distribuição de cargas nem sempre é uniforme.

A distribuição de cargas elétricas ocorre de maneira que o campo elétrico seja nulo em qualquer ponto interno de um condutor. Então, caso o condutor elétrico não possua um formato com área superficial uniforme, é necessário que tenha regiões com mais cargas concentradas do que outras, o que chamamos de densidade superficial de cargas. Se de um lado do corpo, a área for circular, ela tem uma área de superfície maior do que uma “ponta”, e para o campo elétrico ser nulo, a quantidade de cargas elétricas dos dois lados tem que ser igual, mesmo que as áreas sejam diferentes, o que gera uma densidade superficial de cargas diferentes. Matematicamente, a grandeza chamada **densidade superficial de cargas**, é definida por:

$$\sigma_m = \frac{Q}{A}$$

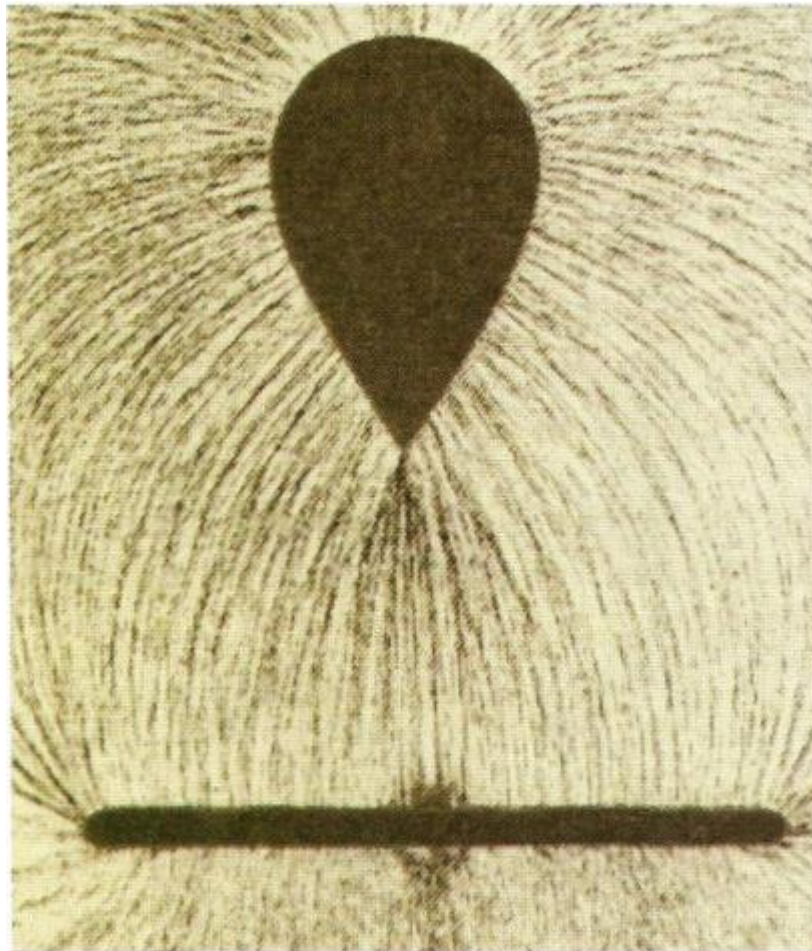
Onde:

$\sigma_m \rightarrow$  Densidade superficial média de cargas

$Q \rightarrow$  Carga elétrica

$A \rightarrow$  Área

Essa propriedade dos materiais pode ser observada experimentalmente.



**Figura 13:** Densidade de linhas de força elétrica diferente nas regiões de um condutor elétrico não esférico. Retirado do Livro-texto.

A propriedade dos condutores elétricos possuírem maior densidade superficial de cargas em regiões pontiagudas é chamada de **poder das pontas**.

Para melhor fixar essa ideia nos alunos, darei exemplos dando um valor fixo de  $Q$ , por exemplo,  $1C$ , e variando o valor da área. Assim, espero que eles entendam que quanto menor a área, maior é a capacidade da região em agrupar cargas.

Continuarei e retomarei uma questão que já foi abordada com os alunos, o para-raios. Como existe o poder das pontas, ou seja, a capacidade de as pontas dos condutores possuírem maior densidade superficial de cargas, os para-raios são equipados com pontas condutoras (normalmente 3 ou 4), para facilitar o direcionamento das descargas elétricas para si.

O restante da aula será para que os alunos façam exercícios, a fim de consolidar seus conhecimentos. Os exercícios propostos são os 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 26 e 27 do capítulo 2.

Caso o professor tenha aulas sobrando, é aconselhável utilizar uma aula para correção desses exercícios com os alunos.

**Aula 15 – Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste)**

Nesse momento, eu apliquei o Pós-Teste, em formato de prova, que pode ser observado no apêndice G. **Duração estimada: 50 a 55 minutos**

## Referências Bibliográficas

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, UFSC, Santa Catarina, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. (Org.). **Motivação para aprender: Aplicações no contexto educativo**. Petrópolis: Editora Vozes, 2010. p. 13-42.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 2015. p. 159-173.

R - Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

## Apêndice A

### Aula de Visão Geral da Disciplina



## Eletricidade e Física Moderna

Professor: Sanderley de Jesus Fernandes

Turmas: 3ºV01, 3ºV02, 3ºV03, 3ºV04

Ano Letivo: 2017

### Ementa do Curso

- ▶ Unidade I - Eletrostática
- ▶ Unidade II - Eletrodinâmica
- ▶ Unidade III - Eletromagnetismo
- ▶ Unidade IV - Física Moderna (Física Quântica)

## Sugestão de Distribuição de Conteúdos (SEDU)

### ► 1º TRIMESTRE

- Modelo atômico (Dalton à Bohr);
- Princípios fundamentais da eletrostática: carga elétrica, condutores e isolantes, eletrização;
- Lei de Coulomb e aplicações;
- Conceitos e aplicações de campo;
- Potencial elétrico e aplicações.

Usando o Livro-Texto seria referente aos capítulos 1, 2 e 3

## Sugestão de Distribuição de Conteúdos (SEDU)

### ► 2º TRIMESTRE

- Corrente elétrica (corrente contínua e alternada);
- Elementos de circuito elétrico: resistor, gerador, receptor, condutor, elementos de controle e de segurança;
- Efeitos da corrente elétrica;
- Leis de Ohm;
- Circuitos elétricos simples
- Associação de resistores e geradores
- Potência elétrica e consumo de energia em dispositivos elétricos.

Usando o Livro-Texto seria referente aos capítulos 4, 5 e 6

## Sugestão de Distribuição de Conteúdos (SEDU)

### ► 3º TRIMESTRE

- Introdução ao magnetismo: conceitos, ímãs naturais e artificiais e definição de campo magnético;
- Força de Lorentz;
- Lei de Ampere;
- Lei de Faraday e indução eletromagnética;
- Radiação, suas interações e suas aplicações tecnológicas;
- Espectro eletromagnético.
- Física Moderna e Contemporânea: Efeito fotoelétrico; aspectos teóricos da Física Quântica.

Usando o Livro-Texto seria referente aos capítulos 8, 9, 10, 11 e 12

## Distribuição de Notas

### ► 1º Trimestre (06/02 à 18/05) → 30 pontos

- Simulado (Modelo ENEM) → 8 pontos
  - 15 questões de Física
  - 45 questões na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias
- Prova Trimestral → 10 pontos
  - Individual, sem consulta, sem calculadora, sem fórmulas.
- Qualitativo → 6 pontos
- Trabalho de Pesquisa e Apresentação sobre “História da Eletricidade” → 6 pontos

### ► 2º Trimestre (22/05 à 05/09) → 30 pontos

### ► 3º Trimestre (11/09 à 14/12) → 40 pontos



## Distribuição de Notas

- ▶ 1º Trimestre (06/02 à 18/05) → 30 pontos
- ▶ 2º Trimestre (22/05 à 05/09) → 30 pontos (Recesso: 08/07 à 17/07)
  - ▶ Simulado (Modelo ENEM) → 8 pontos
    - ▶ 15 questões de Física
    - ▶ 45 questões na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias
  - ▶ Prova Trimestral → 10 pontos
    - ▶ Individual, sem consulta, sem calculadora.
  - ▶ Qualitativo → 6 pontos
  - ▶ Atividades diversas → 6 pontos
- ▶ 3º Trimestre (11/09 à 14/12) → 40 pontos

## Distribuição de Notas

- ▶ 1º Trimestre (06/02 à 18/05) → 30 pontos
- ▶ 2º Trimestre (22/05 à 05/09) → 30 pontos
- ▶ 3º Trimestre (11/09 à 14/12) → 40 pontos
  - ▶ Simulado (Modelo ENEM) → 10 pontos
    - ▶ 15 questões de Física
    - ▶ 45 questões na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias
  - ▶ Prova Trimestral → 14 pontos
    - ▶ Individual, sem consulta, sem calculadora.
  - ▶ Qualitativo → 8 pontos
  - ▶ Atividades Diversas → 8 pontos

Mas, pra que eu preciso saber disso?  
Serve para alguma coisa?



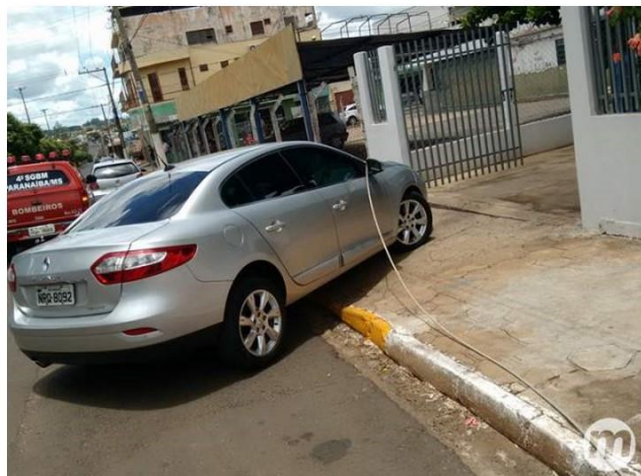
Com a eletrostática você pode entender

- Por que alguns caminhões tem uma corrente arrastando no chão?



## Com a eletrostática você pode entender

- O que deve-se fazer quando um cabo de alta tensão cai no seu carro?



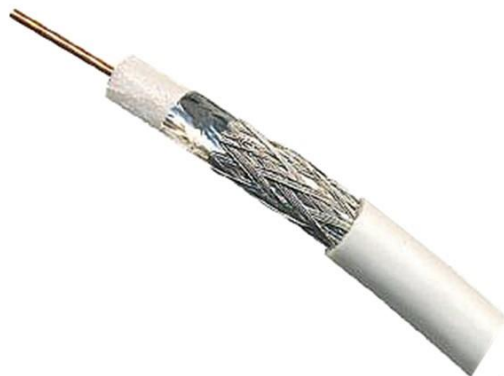
## Com a eletrostática você pode entender

- Como funciona o para-raios?



## Com a eletrostática você pode entender

- Sacas a sua TV a cabo? Já ouviu falar de cabo coaxial?



## Com a eletrostática você pode entender

- E sua internet? Ou um tal de Cabo UTP Blindado (ou Par Trançado Blindado)



## Com a eletrostática você pode entender

- ▶ Porque o cabelo delas estão assim



## Com a eletrostática você pode entender

- ▶ O que aconteceu aqui e o que fazer para evitar isso





## Com a eletrostática você pode entender

- Como funciona uma máquina fotocopadora (Famosa Xerox)



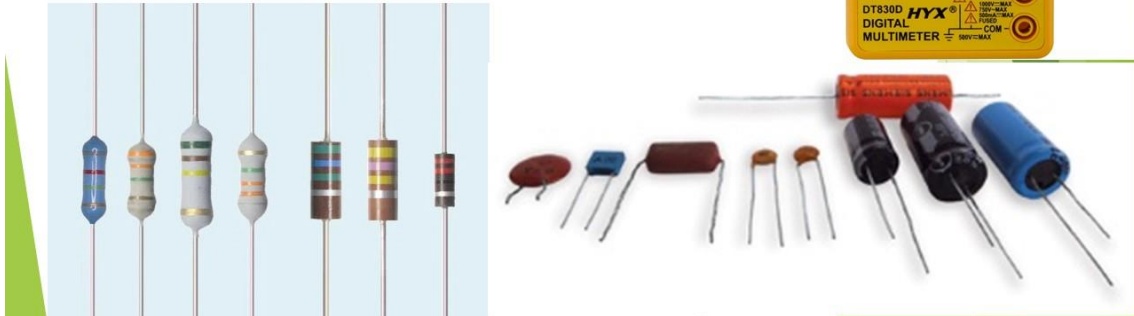
## Com a eletrodinâmica você pode entender

- Pra que serve e como funciona esses aparelhos



## Com a eletrodinâmica você pode entender

- Pra que serve esses aparelhos



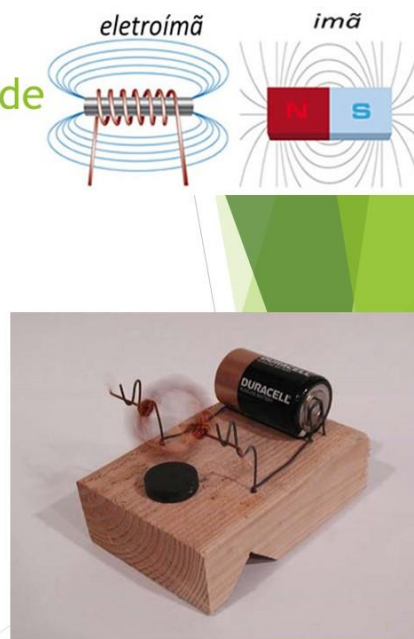
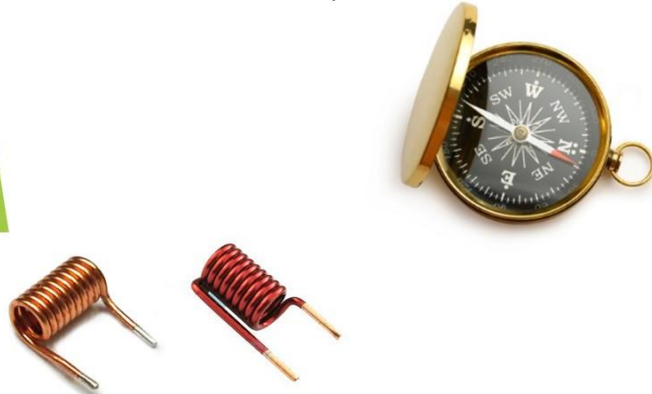
## Com a eletrodinâmica você pode entender

- Como funcionam esses aparelhos



## Com o eletromagnetismo você pode entender

- Como funcionam esses aparelhos



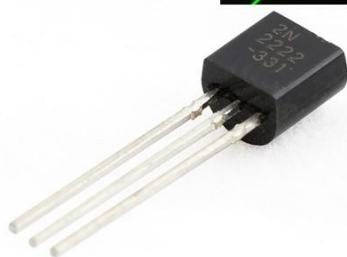
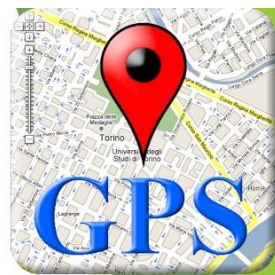
## Com toda a eletricidade você pode compreender

- O mundo a sua volta!





A Física Moderna é aplicada em



Entre outros...



## Apêndice B

### Orientações para o Trabalho Trimestral

**Disciplina:** Física

**Professor:** Sanderley de Jesus Fernandes

**Turmas:** 3º V01, 3º V02, 3º V03

**Valor:** 10 pontos

**Componentes:** Cada sala será dividida em três grupos, sendo cada grupo composto por no máximo 14 alunos.

**Data das apresentações:** Primeira aula do mês de maio

O que deve ser feito? (Escolha um dos “passos 1” e os demais são comuns a todos)

**Passo 1** - Escolha de um Tema, dentre os três apresentados a seguir:

#### Tema 1: A história da eletricidade

Montar um texto sobre a história da eletricidade. Pode ser manuscrito ou impresso. Esse texto deve ser o mais completo possível. É aconselhável uso de imagens. Nesse texto, é necessário citar quem foram os personagens históricos (mínimo 15) que contribuíram para o desenvolvimento da eletricidade. Para cada personagem citado é necessário por:

- a. Nome Completo.
- b. Período em que viveu (ano de nascimento e ano de morte).
- c. Nacionalidade.
- d. Qual foi sua contribuição para a Ciência e eventualmente outras áreas.
- e. Descrever as máquinas e/ou experimentos importantes para a eletricidade que esse personagem desenvolveu (quando existir).
- f. No fim do trabalho escrito deve conter todas as referências (Normas ABNT) das fontes utilizadas para elaboração do mesmo.

#### Tema 2: O desenvolvimento da Física Moderna

Montar um texto sobre o desenvolvimento da física moderna (Relatividade Restrita e Geral e/ou Mecânica Quântica). Pode ser manuscrito ou impresso. Esse texto deve ser o mais completo possível. É aconselhável uso de imagens. Nesse texto, é necessário citar quem foram os personagens históricos (mínimo 10) que contribuíram para o desenvolvimento da eletricidade. Para cada personagem citado é necessário por:

- a. Nome Completo.
- b. Período em que viveu (ano de nascimento e ano de morte).
- c. Nacionalidade.
- d. Qual foi sua contribuição.
- e. Descrever qual foi a contribuição desse personagem para a Física Moderna. Não é necessário abordar contas.
- f. No fim do trabalho escrito deve conter todas as referências (Normas ABNT) das fontes utilizadas para elaboração do mesmo.

#### Tema 3: Livre, mas deve ser relacionado com Física

O tema livre pode abordar diversos tópicos, como: Astronomia, Cosmologia, Astrofísica, Física de Partículas, Física da Matéria Condensada, Nanofísica, Biofísica, Física Médica, entre outros. É possível escolher focar na vida de algum físico específico, como: Albert Einstein, Galileu Galilei, Isaac Newton, entre outros. O grupo que escolher esse tema terá uma maior liberdade, porém, isso não significa uma maior facilidade. Mesmo que escolha falar sobre um Físico, não será permitido apresentação com apenas um personagem. Após escolher o tema, montar um texto sobre o tema deixando claro:

- a) Qual é o tema?
- b) Justificativa da escolha do tema.
- c) Caso seja a vida e trabalho de algum físico específico, fazer os itens “a” até “e” dos temas anteriores.

- d) No fim do trabalho escrito deve conter todas as referências (Normas ABNT) das fontes utilizadas para elaboração do mesmo.

**Passo 2** – Montar uma linha do tempo representando os personagens históricos citados no texto nos respectivos períodos em que viveram. Procure manter uma escala, como 3 cm para cada século.

- A linha do tempo precisa ser **MANUSCRITA**
- A linha do tempo só é necessária no trabalho escrito.
- A escala utilizada é escolha de cada grupo. Porém, deve estar informada na mesma folha que a linha do tempo foi feita. Exemplo: Escala 1: 50 anos (Cada 1 cm no papel, representa 50 anos)
- É permitido utilizar mais de uma página para fazer essa linha do tempo, caso seja necessário.
- Caso o grupo escolheu o “tema livre”, a linha o tempo será feita quando aplicável.

**Passo 3** – Responda: Na opinião do grupo, quais foram as 3 principais contribuições mencionadas nesse texto para o estudo do tema escolhido? Por quê?

**Passo 4** – Preparar e apresentar uma peça teatral para a primeira semana do mês de Abril. A apresentação deve se basear no texto elaborado pelo grupo.

- Cada grupo escolherá como irá ser a apresentação. Cada grupo decidirá se todos os alunos irão participar como atores ou se dividirão as funções. Exemplo de funções: ator, sonoplasta, iluminador, contrarregista, dramaturgo, cenógrafo, figurinista. O grupo é livre para dividir essas funções e como será “todo” o espetáculo.
- A apresentação deverá ter tempo **mínimo de 10 minutos e máximo de 20 minutos**.
- Todos os membros do grupo devem participar de alguma forma.
- Alunos que faltarem no dia da apresentação e não possuírem amparo legal, receberão nota zero.
- As apresentações ocorrerão no auditório e alguns professores serão convidados a assistir com suas respectivas turmas.
- Há a possibilidade de avaliadores externos.

Aconselho fortemente que não deixem para última hora pois é um trabalho extenso. Até a data da apresentação, o professor estará disponível para auxiliar no que for possível.

Para ajudar vocês a se organizarem, algumas etapas terão datas bem determinadas para entrega:

Semana 01 (06/03 a 08/03) – Divisão dos grupos. Entrega das orientações para cada grupo.

Semana 02 (13/03 a 15/03) – Elaboração da parte escrita.

Semana 03 (20/03 a 22/03) – Entrega da parte escrita ao professor.

Semana 04 (27/03 a 29/03) – Entrega da primeira versão do roteiro ao professor. Essa versão deverá conter a divisão das atribuições, tarefas e personagens.

Demais tarefas poderão surgir no meio do caminho e serão negociados entre professor e alunos.

Aproveito para destacar que o objetivo maior deste trabalho é que os alunos tenham a oportunidade de perceber a Física como uma construção humana, social, econômica e histórica. Além claro, de conhecer os destaques artísticos. A nota será uma consequência natural do esforço, empenho e dedicação de cada grupo.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”*

Albert Einstein

**Divirtam-se.**

## Apêndice C

### Questionário sobre concepções iniciais (Pré-teste)

**Disciplina:** Física

**Professor:** Sanderley J. Fernandes

**Data:** \_\_\_\_/02/2017

**Turma:** \_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_

Qual é a sua idade: \_\_\_\_

Você está repetindo a terceira série do ensino médio? ( ) NÃO ( ) pela 1ª vez ( ) pela 2ª vez

Você se identifica como sendo de qual área do conhecimento?

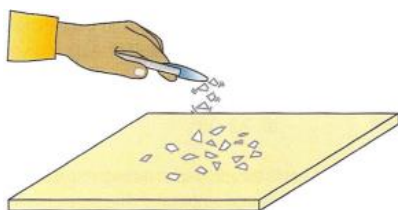
( ) Ciências Humanas ( ) Ciências Exatas <3 ( ) Ciências Biológicas



Explique o que você entende por eletricidade estática (também chamada de eletrostática)?



Quando atritamos uma régua em nossos cabelos e posteriormente colocamos essa régua perto de pequenos pedaços de papel, essa régua atrai os pedacinhos de papel. O que faz com que essa régua atraia os pedaços de papel? Qual o nome você daria a esse fenômeno?



Existe diferença entre eletricidade e energia? Peço que explique sua resposta.



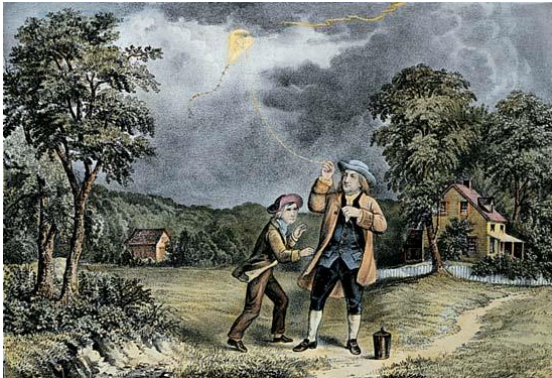
Você acha que existe mais de um tipo de eletricidade? Peço que explique sua resposta.



Quais fenômenos você conhece que tem a ver com a eletrostática?



A imagem a seguir é uma representação de Benjamin Franklin recebendo uma parte da raio na pipa e o direcionando a um recipiente. Você acha que esse fato é possível na prática? Justifique sua resposta.



Explique como funciona o para raio. Se não souber, escreva como acredita que funcione.



Na sua concepção, o que é um átomo? Do que ele é constituído?



Explique o que você entende por carga elétrica?



Explique o que você entende por força elétrica?



Explique o que você entende por campo elétrico?

Obrigado!

## Apêndice D

### Funcionamento da Máquina Fotocopiadora



## Funcionamento da Fotocopiadora

Professor: Sanderley de Jesus Fernandes

Turmas: 3ºV01, 3ºV02, 3ºV03, 3ºV04

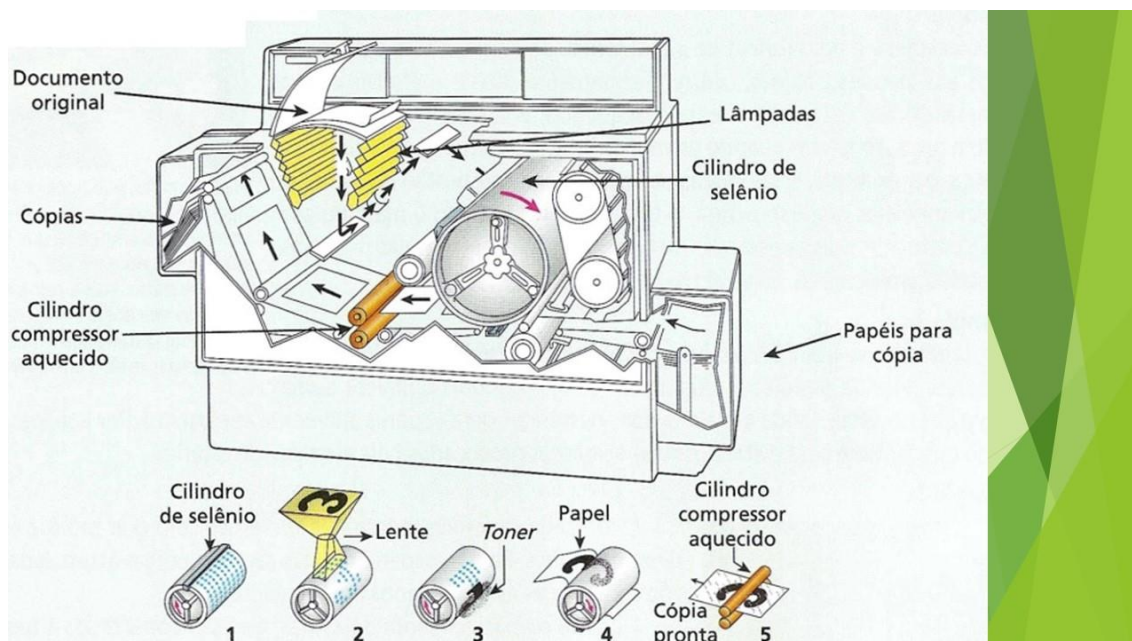
Ano Letivo: 2017

### Com a eletrostática você pode entender

- Como funciona uma máquina fotocopiadora (popular máquina de xerox)







## Bibliografia

- ▶ GUALTER, José Biscuola; NEWTON, Villa Bôas; DOCA, Ricardo Helou. **Física 3**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. (Livro-texto)
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras1.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras2.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras3.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras4.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras5.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras6.htm>
- ▶ <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/copiadoras7.htm>

## Apêndice E

### Formulário de Avaliação do Teatro

**Professor-Avaliador:** \_\_\_\_\_ **Data:** \_\_/05/2017 **Turma Avaliada:** \_\_\_\_\_

Avalie o grupo de acordo com os critérios abaixo:

|   | Péssimo | Ruim | Regular | Bom | Excelente |
|---|---------|------|---------|-----|-----------|
| Nível de precisão e clareza das discussões envolvendo conteúdos de Física (Conceitos, Fatos históricos) |         |      |         |     |           |
| Capacidade de comunicação do grupo com o Público  |         |      |         |     |           |
| Envolvimento do grupo com a apresentação  |         |      |         |     |           |
| Qualidade e adequação dos recursos utilizados na apresentação   |         |      |         |     |           |
| No geral, como você avalia a apresentação desse grupo   |         |      |         |     |           |

Gostaria de ressaltar pontos positivos dessa apresentação?

Gostaria de ressaltar pontos negativos dessa apresentação?

**Obrigado pela colaboração!**



## Apêndice F

### Ficha de Notas do Teatro

Tema da Apresentação: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Somatória máxima: \_\_\_\_\_

| Aluno (a) | Como contribuiu para este trabalho | Nota |
|-----------|------------------------------------|------|
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |
|           |                                    |      |

Somatória distribuída: \_\_\_\_\_

## Apêndice G

### Avaliação Individual Escrita (Pós-Teste)

#### PROVA PARCIAL – Turno Vespertino – 2017

**Disciplina:** Física

**Professor:** Sanderley de Jesus Fernandes

**Data:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/2017

**Série / turma:** 3ºV\_\_ **Valor:** 10,0

**Aluno (a) :** \_\_\_\_\_ **Nota:** \_\_\_\_\_

• **Orientações:**

- A prova é individual e sem consulta;
- Utilize caneta AZUL ou PRETA (questões a lápis receberão nota zero);
- A interpretação das questões faz parte da prova;
- Todas as respostas precisam ser justificadas. Os cálculos fazem parte da justificativa.
- **NÃO** será permitido o uso do corretivo;
- O uso de calculadora é optativo.

**01 – (Valor: 1,0 ponto)** Descreva as características principais do átomo segundo o modelo de Thomson e faça um esboço deste átomo.

**02 – (Valor: 0,5 pontos)** O que significa dizer que a carga elétrica é quantizada?

**03 – (Valor: 1,0 ponto)** Dispomos de quatro esferas condutoras, de mesmo tamanho. As três primeiras estão descarregadas (neutras) e a quarta possui uma carga elétrica positiva  $+4Q$ . Fazemos a seguinte experiência: a quarta esfera é tocada sucessivamente na primeira, na segunda e finalmente na terceira. As cargas finais na primeira e na quarta esfera valem respectivamente:

- A)  $2Q$  e  $Q/2$       B)  $2Q$  e  $Q/4$       C)  $Q$  e  $Q/4$       D)  $Q/2$  e  $Q/8$       E)  $4Q/3$  e  $4Q/3$

**04 – (Valor: 1,0 ponto)** No vácuo, foram colocadas duas cargas elétricas idênticas, com  $+4,0 \mu\text{C}$  cada, a uma distância de  $4,0 \times 10^{-1} \text{ m}$ . Sabendo que, no vácuo, a constante eletrostática vale  $9,0 \times 10^9$  unidades SI, determine a intensidade da força eletrostática.

**05** – (Valor: 0,5 pontos) Um isolante elétrico:

- A) não pode ser eletrizado.
- B) não possui elétrons.
- C) não possui prótons.
- D) tem que estar necessariamente no estado sólido.
- E) não pode ser metálico

**06** – (Valor: 0,5 pontos) Uma pessoa penteia seus cabelos usando um pente de plástico. O que ocorre com o pente e com o cabelo?

- A) Ambos se eletrizam positivamente.
- B) Ambos se eletrizam negativamente.
- C) Apenas o pente fica eletrizado.
- D) Apenas o cabelo fica eletrizado.
- E) Um deles ficará positivo e o outro negativo.

**07** – (Valor: 1,0 ponto) Uma pequena esfera de massa  $m = 10^{-3}$  kg eletrizada com carga  $q = 1 \mu\text{C}$ , fica em equilíbrio quando abandonada num ponto A acima do solo. Indique a intensidade, a direção e o sentido do campo elétrico no ponto A. (Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**08** – (Valor: 0,5 ponto) Um dispositivo simples capaz de detectar se um corpo está ou não eletrizado é o pêndulo eletrostático, que pode ser feito com uma pequena esfera condutora suspensa por um fio fino e isolante. Um aluno, ao aproximar um bastão eletrizado do pêndulo, observou que ele foi repelido (etapa I). O aluno segurou a esfera do pêndulo com suas mãos, descarregando-a e, então, ao aproximar novamente o bastão, eletrizado com a mesma carga inicial, percebeu que o pêndulo foi atraído (etapa II). Após tocar o bastão, o pêndulo voltou a sofrer repulsão (etapa III). A partir dessas informações, considere as seguintes possibilidades para a carga elétrica presente na esfera do pendulo:

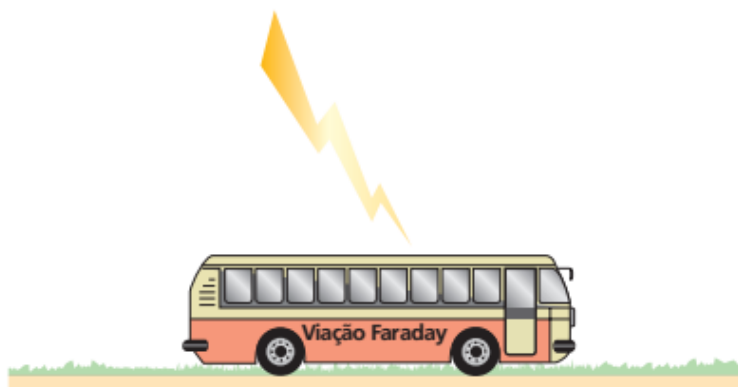
| Possibilidade | Etapa I  | Etapa II | Etapa III |
|---------------|----------|----------|-----------|
| 1             | Neutra   | Negativa | Neutra    |
| 2             | Positiva | Neutra   | Positiva  |
| 3             | Negativa | Positiva | Negativa  |
| 4             | Positiva | Negativa | Negativa  |
| 5             | Negativa | Neutra   | Negativa  |

Somente pode ser considerado verdadeiro o descrito nas possibilidades:

- A) 1 e 3.
- B) 1 e 2.
- C) 2 e 4.
- D) 4 e 5.
- E) 2 e 5.



**11** – (Valor: 0,5 pontos) (UFV-MG) Durante uma tempestade, um raio atinge um ônibus que trafega por uma rodovia.



Pode-se afirmar que os passageiros:

- A) não sofrerão dano físico em decorrência desse fato, pois os pneus de borracha asseguram o isolamento elétrico do ônibus.
- B) serão atingidos pela descarga elétrica, em virtude de a carroceria metálica ser boa condutora de eletricidade.
- C) serão parcialmente atingidos, pois a carga será homogeneamente distribuída na superfície interna do ônibus.
- D) não sofrerão dano físico em decorrência desse fato, pois a carroceria metálica do ônibus atua como blindagem.
- E) não serão atingidos, pois os ônibus interurbanos são obrigados a portar um para-raios em sua carroceria.

**12** – (Valor: 0,5 pontos) Uma pequena esfera de isopor  $B$ , recoberta por uma fina lâmina de alumínio, é atraída por outra esfera condutora  $A$ . Tanto  $A$  como  $B$  estão eletricamente isoladas. Tal experimento permite afirmar que:

- A) a esfera  $A$  possui carga positiva;
- B) a esfera  $B$  possui carga negativa;
- C) a esfera  $A$  não pode estar neutra;
- D) as cargas elétricas existentes em  $A$  e  $B$  têm sinais opostos;
- E) a esfera  $B$  pode estar neutra.

**13** – (Valor: 1,0 ponto) Qual a intensidade de uma carga pontual escolhida de modo que o campo elétrico a 75,0 cm tenha uma intensidade de 2,30 N/C?

**14** – (Valor: 0,5 ponto) Sabe-se que o corpo humano é capaz de conduzir cargas elétricas. Explique, então, por que uma pessoa segurando uma barra metálica com uma de suas mãos, não consegue eletrizá-la por atrito, esfregando-a na outra mão?